Statistische Auswertung der Elektrophorese in der Dermatologie unter besonderer Berücksichtigung der α-Globuline

von

Michael Herrmann

aus Erlangen

1964

1963 № 210

Aus der Universitätsklinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten
Erlangen - Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. C.M. Hasselmann

Statistische Auswertung der Elektrophorese in der Dermatologie unter besonderer Berücksichtigung der α-Globuline

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
in der Zahnheilkunde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Friedrich - Alexander - Universität
zu
Erlangen - Nürnberg 1964

vorgelegt von
Michael Herrmann
aus Erlangen

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Dekan: Prof. Dr. G. Theissing
Referent: Prof. Dr. C.M. Hasselmann

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Febr. 1964

Meinen Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

Fällungsreaktionen

1. Fällung am isoelektrischen Punkt
2. Neutralsalzfällung
3. Äthanolfällung
4. Ultrazentrifugierung
5. Serumlabilitätsproben

Elektrophorese

Elektrophoresearten

1. Makroelektrophorese nach Tiselius
2. Mikrophorese nach Antweiler
3. Papierelektrophorese nach Labhard u. Staub

Genese, Aufbau, Aufgaben und Normalwerte der Albumine und Globuline

Planung der Versuchsanordnung

Statistische Auswertungen

Zusammenfassung

Literaturnachweis

Einleitung

Dem Bluteiweißbild, seinen pathologischen Veränderungen, sowohl in quantitativer, als auch in qualitativer Hinsicht, kommt heute in der täglichen Praxis eine ebenso überragende Bedeutung zu, wie dem althergebrachten zellulären Blutbild.

Die normalen, reproduzierbaren Verhältnisse der Bluteiweißkörper beim klinisch Gesunden sind gekennzeichnet durch den, innerhalb der physiologischen Schwankungsbreiten und der gegebenen Fehlergrenzen, üblichen Ausfall aller uns zur Verfügung stehender Untersuchungsmöglichkeiten in Serum und Plasma. So kann man von einer Euproteinämie sprechen (Wuhrmann), die unter krankhaften Verhältnissen mehr oder weniger stark einschneidende Veränderungen erfahren kann. Diese zunächst reaktiven Veränderungen in der Proteinzusammensetzung werden damit zu wichtigen klinischen Indikatoren für krankhafte Zustände ganz allgemein.

In der Dermatologie ist das Bluteiweißbild für die Sicherstellung der Diagnose und die Durchführung des Heilplans zu einer unentbehrlichen Notwendigkeit geworden.

Die kausalgenetischen Zusammenhänge zwischen pathologischen Veränderungen der Haut und des übrigen Organismus, wobei das Blut die Rolle der Überträgersubstanz innehat, läßt die Wichtigkeit des Blutbildes klar erkennen. Störungen im Nahrungshaushalt oder Erkrankungen innerer Organe können zu Veränderungen der Haut führen (z.B. Diabetes). Umgekehrt kennen wir aber auch Hauterkrankungen, die die Funktionen innerer Organe beeinträchtigen können (z.B. Leber, Niere). Ob die Dermatose eine Reaktion auf die innere Erkrankung ist, eine Dermatose mit gleichzeitiger innerer Beteiligung vorliegt, oder die innere Erkrankung dermatogen bedingt ist, läßt sich oftmals schwer entscheiden.

Die Fortschritte der Proteinchemie, die verbesserten Methoden zur Differenzierung, Charakterisierung und Trennung der Proteine, eröffnete auch für das Studium der Serum- und Plasmaproteine neue Möglichkeiten (Leinbrock, Hasselmann und Lohhaus).
Für die Dermatologie brachte hier die Elektrophorese einen

erheblichen Fortschritt. Mit Hilfe der Elektrophorese war es möglich, die verschiedenen Proteinkomponenten weitgehender zu differenzieren, was weitere Einblicke in die Wechselbeziehungen zwischen Hauterkrankungen und gleichzeitig bestehenden Blutplasmaveränderungen erlaubte. Diese Veränderungen mit dieser neuen experimentellen Methode zu verfolgen, ist bei Hautkrankheiten besonders reizvoll, weil dabei die krankhaften Veränderungen gut sichtbar sind und dadurch ihre Art, Lokalisation und Ausdehnung in Korrelation zu den Ergebnissen der Elektrophoresediagramme gestellt werden können (Leinbrock).

Robert führte ab 1945 nach dem Makroverfahren von Tiselius vereinzelt elektrophoretische Serum- und Plasmaeiweißuntersuchungen bei einigen Dermatosen durch. Das Mikroverfahren von Antweiler erlaubte dann erstmals Serienuntersuchungen bei zahlreichen Dermatosen und eine häufige Kontrolle der Serumprotein-Konstellation während des Krankheitsablaufs.
Seit 1952 gehört die Elektrophorese immer häufiger an Kliniken zu den Routineuntersuchungsmethoden.

Bevor ich auf die Elektrophorese zu sprechen komme, möchte ich an dieser Stelle noch kurz diejenigen Methoden der klinischen Chemie erwähnen, die es ermöglichen Proteine fraktioniert zu erfassen.

Fällungsreaktionen

1. Die Fällung am isoelektrischen Punkt

Die Proteine sind entsprechend ihrem Aufbau aus Aminosäuren Ampholyte, d.h. sie vermögen sowohl mit Säuren, als auch mit Basen, Salze zu bilden.
Bei der normalen Reaktion des Blutes überwiegt das Basenverbindungsvermögen, so daß sie als Riesenionen vorliegen, die Na^+ oder K^+ abdissoziieren, selbst also negative Ladung tragen und im elektrischen Feld zur Anode wandern. Wird die Wasserstoffionenkonzentration / H^+ / schrittweise erhöht, dann wird die Dissoziation der COOH-Gruppen zurückgedrängt, das Basenbildungsver-

mögen nimmt ab, und auf der anderen Seite wird die Dissoziation der Aminogruppen erhöht. Endlich wird ein Punkt erreicht, wo sich beide Dissoziationen und damit positive und negative Ladungen das Gleichgewicht halten, zwischen den Kolloidteilchen und dem Dispersionsmittel keine Potentialdifferenz mehr besteht. Dieser Punkt wird nach Hardy als isoelektrischer Punkt bezeichnet. Am isoelektrischen Punkt wird aber die Affinität des Eiweißkörpers zum Lösungsmittel ein Minimum aufweisen; er zeigt damit ein Minimum an Stabilität. Die Globuline aggregieren zu größeren Aggregaten und fallen aus; die Albumine bleiben zwar noch gelöst, lassen sich aber entsprechend ihrer verminderten Stabilität durch wasserentziehende Maßnahmen leicht ausfällen (Aussalzung, Alkoholfällung).

Da der Gehalt der verschiedenen Proteine an Diaminocarbonsäuren und Dicarbonsäuren verschieden ist, muß auch ihr isoelektrischer Punkt eine unterschiedliche Lage haben.

Für die Bluteiweißkörper, wie sie nach elektrophoretischen Ergebnissen eingeteilt werden, liegt die Wasserstoffionenkonzentration (P_H) des isoelektrischen Punktes bei folgenden Werten:

Albumin	=	4,64
α-Globulin	=	4,8
β- "	=	5,2
γ- "	=	6,4
Fibrinogen	=	5,4

2. Neutralsalzfällung (n. Howe)

Setzt man Proteinlösungen Natriumsulfatlösungen bestimmter Konzentrationen bei einer bestimmten Temperatur (37°C) zu, so fallen mehrere Proteinfraktionen nacheinander aus.
Anschließend wird der Anteil der gelösten Proteine im Filtrat durch Stickstoffbestimmung ermittelt.

3. Äthanolfällung (n. Cohn)

Mit niedrigen Salzkonzentrationen und niedrigen Temperaturen (unter $0^{o}C$; meist bei $-5^{o}C$, sonst Denaturierung) werden mit abgestuftenÄthanolkonzentrationen 5 verschiedene Proteinfraktionen gewonnen. Damit ist die Möglichkeit gegeben, elektrophoretisch rein befundenes Albumin und eine größere Anzahl verschiedener Globuline zu erhalten. Bei diesem Verfahren ist eine Trennung und Isolierung einzelner fraktionierter Proteingemische möglich, die man mit Hilfe der Elektrophorese nicht gewinnen kann. So erhält man außer den hochgereinigten Unterfraktionen noch eine Anzahl anderer wirksamer Proteine (z.B. Glykoprotein, Lipoprotein, Prothrombin, Fibrinogen).

4. Ultrazentrifugierung (n. Svedberg)

Eine weitere Trennungsmöglichkeit der verschiedenen Eiweißfraktionen ist gegeben durch Anwendung der Ultrazentrifuge, wobei bei Umdrehungszahlen bis zu 60 000 U/min Zentrifugalkräfte des 200 000 bis 500 000 fachen der Schwerkraft ausgenutzt werden. Auf Grund ihres unterschiedlichen Molekulargewichts werden die Proteine verschieden schnell sedimentiert. Die verschiedenen Sedimentationsgeschwindigkeiten, die von de Zähigkeit des Suspensionsmittels, Dichteunterschied der Teil und des sie umgebenden Mediums abhängig sind, geben über Grö des Molekulargewichts und der Zahl der Teilchen Aufschluß.

5. Serumlabilitätsproben

Ihnen wird teilweise der Charakter von Leberfunktionsprüfung zugesprochen.

a) Weltmann'sche Reaktion

Sie baut sich auf der $Ca\ Cl_2$ Hitzekoagulationsschwelle au und gestattet eine Differenzierung zwischen akut - entzün lichen - exsudativ - nekrotischen Geschehen (hohe Koagula tionsschwelle = schmales Weltmannband) und chronisch - en

zündlichem - fibrös - produktivem Geschehen (erniedrigte Koagulationsschwelle = verbreitertes Weltmannband).

b) Die $HgCl_2$ Reaktionen (Takata, Mancke-Sommer, Gross'sche Reaktion).

Es sind unspezifische Flockungs- und Trübungsreaktionen. Bei kranken Personen sind sogenannte Takata-Proteine vorhanden, die einen positiven Ausfall der Probe bedingen.

Die Elektrophorese

Unter den modernen Methoden der physiologisch-chemischen Analyse nimmt heute die Elektrophorese einen hervorragenden Platz ein. Sie kommt dem Bedürfnis des Naturforschers entgegen, über Untersuchungsmethoden zu verfügen, die auf die hochmolekularen und dabei sehr empfindlichen Bestandteile und Wirkstoffe von Organismen anwendbar sind, ohne diese irgendwie anzugreifen und damit irreversibel zu verändern. Die Elektrophorese erlaubt eine Untersuchung, Trennung und Reindarstellung solcher Stoffe, also von Proteinen und Proteiden dadurch, daß diese Stoffe in einem ihnen angepaßten Milieu dem Einfluß eines elektrischen Feldes ausgesetzt werden. Unter dem Einfluß dieses Feldes bewegen sich die Stoffteilchen. Die Elektrophorese ist damit als physikalischer Vorgang definiert (Wiedemann).

Die besondere Bedeutung der Elektrophorese rührt nun daher, daß die allermeisten Proteine und Proteide nicht nur günstige Löslichkeitseigenschaften besitzen, sondern auch fast immer unter sich verschiedene Eigenladungen haben.

Wie schon bei der Beschreibung des isoelektrischen Punktes hingewiesen wurde, bestehen die Eiweißkörper aus peptidartig untereinander verbundenen Aminosäuren mit freien Amino- und Carboxylgruppen. Ihrer Ladung entsprechend können sie anodisch oder kathodisch wandern, was von der Wasserstoffionenkonzentration $[H^+]$ des Milieus abhängig ist, in dem sie gelöst sind. Die Bluteiweißkörper wandern nun unter physiologischen Verhält-

nissen zur Anode, sie liegen gemäß dem Wert ihres isoelektrischen Punktes als Anionen, also mit negativer Ladung vor. Da, wie schon berichtet, der Gehalt der verschiedenen Bluteiweiße an Diaminocarbonsäuren und Dicarbonsäuren verschieden ist, muß nicht nur ihr isoelektrischer Punkt eine unterschiedliche Lage haben, sondern ebenso ihre elektrische Ladung.
Der isoelektrische Punkt der Albumine liegt bei einer höheren /H⁺/ als der der Globuline, sie haben also bei normaler /H⁺/ die größere Ladung. Gleichzeitig ist ihr Molekulargewicht wesentlich kleiner. Deshalb zeigen die Albumine im elektrischen Feld eine größere Wanderungsgeschwindigkeit.

Abschließend sei nochmals die elektrophoretische Gewinnung der Bluteiweißkörper im Prinzip zusammengefaßt:

Gegen einen bestimmten Puffer dialysiertes Serum wird mit einem Puffer bestimmter Ionenstärke (H Cl - Veronal - Acetat Puffer z.B.) in einem bestimmten Verhältnis gemischt, in ein U-Rohr gefüllt und bei bestimmter Temperatur unter Anlegung einer bestimmten Spannung bei feststehender Stromstärke dem Durchgang des elektrischen Stromes unterworfen. Die Proteinteilchen wandern bei p_H = 8,6, da sie im alkalischen Milieu negativ elektrostatisch aufgeladen sind, zur Anode. Wegen ihrer unterschiedlichen elektrostatischen Aufladung wandern dann die Proteinteilchen verschieden schnell: die Albumine am schnellsten, dann folgen die α-, β- und schließlich die γ-Globuline. (Am langsamsten wandern dann noch die Puffersubstanzen.)

Elektrophoresearten

1. Die Makroelektrophorese nach Tiselius

Ihre Methodik und Apparatur wurde 1937 zum ersten Mal beschrieben. Sie brachte der klinischen Medizin, durch die präzise Erfassung der einzelnen Bluteiweißfraktionen, eine ungeheure Erweiterung des humoralen Gesichtsfeldes. Leider birgt sie den Nachteil, daß sie in der Durchführung zu zeitraubend war (lange Dialysezeiten) und somit nur wenige

Bestimmungen an einem Tage zuließ. Die Auswertung erfolgte durch ein bestimmtes optisches Verfahren und fotographierten Elektrophoresediagrammen (lange Entwicklungszeit).

2. Die Mikrophorese nach Antweiler

Sie brachte in Bezug auf die Apparatur und den Zeitaufwand eine wesentliche Vereinfachung und Verbesserung. Eine Bestimmung dauert etwa nur 20 - 25 min. Die Dialyse ist nach einer Stunde beendet. Außerdem sind nur geringe Plasmamengen (0,1 - 0,2 cm^3) dazu nötig. Neben der fotographischen Darstellung der Kurven durch ein optisches System war es nun möglich durch ein interferometrisches Meßprinzip jeden einzelnen Punkt des Elektrophoresediagramms zu berechnen. Aus den Kurvenzahlen konnten die relativen Prozente der einzelnen Proteinfraktionen mathematisch errechnet werden.

3. Die Papierelektrophorese nach Labhard und Staub

Sie ist relativ einfach durchzuführen, birgt aber allerdings erhebliche Fehlerquellen in sich. Das zu untersuchende Serum wird auf einen Filterpapierstreifen gebracht. Dieser wird in einer sogenannten feuchten Kammer, in der sich die Pufferlösung befindet, einem elektrischen Feld ausgesetzt (110 V, 1 - 2 mA). Anschließend wird der Papierstreifen fixiert und mit einem Farbstoff (Azocarmin) gefärbt. Die Farbintensität wird dann colorimetrisch bestimmt.

Um eine Abkürzung der Laufzeit zu ermöglichen, werden bei der Hochspannungselektrophorese Spannungen von 2 000 bis 10 000 Volt verwendet. Die zu starke Erwärmung wird durch Eintauchen in eine Kühlflüssigkeit verhindert.

Genese, Aufbau, physiologische Aufgaben und Normalwerte der Albumine und der Globulinfraktionen

Die Frage nach den eigentlichen Bildungsstätten der Blutproteine ist noch nicht restlos geklärt. Man hat auf Grund von klinischen Beobachtungen bei Lebererkrankungen (Myers, Keilhack, Whitman, Wuhrmann u.a.) und beobachteten Veränderungen nach experimentellen Leberschäden (Chanutin, Fanucchi, Horikawa, Jürgens, Whipple) die Ansicht, daß die Bildung der Albumine in die Leber zu verlegen ist, während die Entstehung der Globuline - noch immer sehr umstritten - aber doch von den meisten Autoren an ein anatomisch faßbares Substrat als "Entstehungsort" verlegt wird: RES (Levy), Plasmazellen (Dubois-Ferrière, Fleischhacker, Moeschlin, Rohr, Undritz), Lymphocyten (Dougherty). Nach Jürgens und Whipple werden die Albumine, Fibrinogen und ein Teil der Globuline vor allem in der Leber gebildet, der größere Teil der Globuline entsteht offenbar in anderen Organen, unter denen die Darmschleimhaut eine leitende Rolle spielt.

Über die Entstehung der einzelnen Globulinfraktionen besteht bis heute nur die Annahme einer "straffen zentralen Regulation" (Wuhrmann), die aber noch nicht bewiesen ist. Lediglich über die γ-Globuline ist einiges bekannt. Hier ist die Immunbiologie beteiligt, da sich sowohl angeborene, als auch immunisatorisch erzeugte Antikörper als spezifisch markierte Serumglobuline erwiesen haben, die sich weder chemisch noch immunbiologisch von den γ-Globulinen unterscheiden lassen. Hinsichtlich ihrer Genese gibt es zwei Lager von Autoren. Einmal werden lymphatisches Gewebe und Lymphocyten als Produktionsstätten angenommen. Als beweisend dafür werden Immunisierungsversuche angeführt. Darüberhinaus gelang es Roberts, White und Dougherty aus Lymphocytenextrakt γ-Globuline elektrophoretisch nachzuweisen. Die andere Gruppe hält die Plasmazellen für die Lieferanten der γ-Globuline. Immunisierungsversuche und die Tatsache, daß bei Hyperglobulinaemie oft Plasmazellvermehrungen

zu beobachten sind, führen sie als Beweise an (Bing, Bjorneboe, Fleischhacker, Moeschlin, Rohr, Undritz, Ehrich). Gegen beide Ansichten lassen sich aber Einwände machen, so daß auch dieser Vorstoß gegen die klassische Konzeption des RES als Produktionsstätte der Globuline noch zweifelhaft ist (Heinlein).

Zum chemischen Aufbau der Albumine und Globuline wäre zu sagen, daß man gereinigtes Albuminsol verhältnismäßig leicht zum Kristallisieren bringt, während dies bei hochgereinigtem Serumglobulin nur schwierig zu erreichen ist. Die Kristallisierfähigkeit ist weder Ausdruck ihrer absoluten chemischen Reinheit, noch ihrer Homogenität. Sie ist Ausdruck einer gleichartigen Baustruktur und Faltung der Polypeptidketten. Diese Voraussetzungen fehlen bei den Globulinen, da die Struktur dieser noch bedeutend heterogener ist, Dies trifft in chemischer Hinsicht besonders für die α - und β-Globuline zu, da sie noch Lipo- und Glukoproteide enthalten, während das γ-Globulin in serologischer Hinsicht heterogen ist, indem es eine große Zahl der verschiedensten Antikörper enthält.
Die eigentliche biologische Wirksamkeit der Plasmaproteine geht überwiegend von den Globulinen aus, während das Albumin, das seine Peptidketten nur aus Aminosäuren aufbaut mehr kolloidchemische (Stabilität) und physikalisch-chemische Funktionen (Transportorgan) erfüllt.
Der Aufgabenkreis der Globuline ist komplexer und entsprechend ist auch ihr Aufbau (Wuhrmann). Im kranken Organismus findet man nie eine absolute Zunahme des Albumingehalts über die Norm der physiologischen Schwankungsbreite, dagegen regelmäßig eine Zunahme der Globuline. Letztere geht oft parallel mit einer entsprechenden Abnahme des Albumins.

Zum Schluß dieses Kapitels seien noch ein Schema über die klinische Bedeutung der einzelnen Bluteiweißfraktionen (nach Wuhrmann / Wunderly) und eine vergleichende Zusammenstellung von den Normalwerten der einzelnen Fraktionen (von Dole, Wernsdörfer, Kersting) aufgeführt.

1. Klinische Bedeutung der Bluteiweißfraktionen

Fibrinogen:
Aufgabe: Blutgerinnung.
Bei Vermehrung: Senkungsbeschleunigung.

Albumine:
Aufgabe: Erhaltung des kolloid-osmot. Druckes und des Plasmavolumens.
Vehikel: z.B. für Bilirubin, Ca, Sulfonamide.
Bei Krankheit: immer vermindert.

Globuline:

	Träger von:	Transportmedium für:	Vermehrt z.B.:
α-Glob.	Lipo- und Glukoproteiden	fettlösliche Vitamine und Hormone, Kupfer, Hypertensinogen	bei akuten Entzündungen, Gewebsdestruktionen, Nephrose, Neoplasmen
β-Glob.	Lipo- und Glukoproteiden	Eisen, Phospholipoide, Vitamine, Hormone	entzündlichen Prozessen, nephrotischen Syndrom
γ-Glob.	Antikörpern RES	Lactoflavin	chronischen Entzündungen (durch Bakterien u.s.w.) Lebercirrhose, Kollagenosen.

2. Normalwerte:

a) nach Dole von 15 gesunden Personen

Alb.	α-Glob.	β-Glob.	γ-Glob.	Barbitursäurepuffer
60,3	11,8	12,1	11,0	p_H = 8,6

b) nach Wernsdörfer von 100 gesunden Personen

Alb.	α-Glob.	β-Glob.	γ-Glob.	Michaelispuffer
58,8	9,4	11,6	19,4	p_H = 8,6

c) nach Kersting von 35 gesunden Personen

Alb.	α-Glob.	β-Glob.	γ-Glob.	Michaelispuffer
60,2	9,1	13,2	17,5	p_H = 8,6

Zu den Normalwerten ist zu sagen, daß sie alle mit der freien Elektrophoreseapparatur nach Antweiler gewonnen wurden.

Planung der Versuchsanordnung

Für die statistischen Auswertungen standen 1713 Elektrophoresen, die innerhalb von 3 Jahren gemacht wurden, zur Verfügung. Zur Einteilung in verschiedene Krankheitsbilder konnten davon 1452 Elektrophoresen verwendet werden. Sie wurden in 23 Gruppen zusammengefaßt, welche die in der Dermatologie am häufigsten vorkommenden Erkrankungen darstellen.

Die statistische Auswertung umfaßt folgende Einteilung:

I. Auswertung aller Elektrophoresewerte der α-Globulinfraktionen.

II. Prüfung der Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Patienten.

III. Prüfung der Unterschiede zwischen den verschiedenen Altersgruppen.

IV. Prüfung der Unterschiede zwischen den einzelnen Krankheiten.

V. Prüfung der Unterschiede der einzelnen Krankheitsbilder bezogen auf die Gesamtheit der gemessenen Elektrophoresen.

Die zur Berechnung der statistischen Ergebnisse erforderlichen Formeln und Tabellenwerte sind dem Buche: "Planung und statistische Auswertung von Experimenten" (von Erich Mittenecker entnommen. Für t-Werte nach der t-Tabelle (S.156) wurden ausschließlich Werte für "sehr signifikante" Unterschiede gewählt.

I. Bei der Auswertung aller Elektrophoresewerte der α-Globulinfraktion ergibt sich als

Mittelwert: M = 10,22. Dabei ist die Summe aller N = 1713 (= Fallzahl)

$$\sum X^2 = 180\ 123{,}93$$

$$\sum X = 16\ 999{,}5 \qquad (X = \text{gemessener } \alpha\text{-Globulinwert})$$

$$(\sum X)^2 = 288\ 983\ 000{,}25$$

$$\frac{(\sum X)^2}{N} = 168\ 699{,}94$$

Die Varianz beträgt demnach:

$$\sigma^2 = \frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}{N}$$

$$\sigma^2 = \frac{180\ 123{,}93 - 168\ 699{,}94}{1713}$$

$$\sigma^2 = 6{,}66$$

Daraus ergibt sich für die Standardabweichung:

$$\sigma = \sqrt{6{,}66}\ ; \qquad \sigma = \pm\ 2{,}58$$

II. Bei der Auswertung der α-Globulinwerte zwischen männlichen und weiblichen Patienten ergibt sich für:

	männlich	weiblich
ΣM :	91,41	92,64
Zahl der Altersgruppen	9	9
M :	10,15	10,29
ΣX :	10 485,7	6 513,8
ΣX^2 :	111 040,60	69 083,33
(ΣX^2):	109 949 904,49	429 590,44
ΣN :	1 056	657

$$\sigma^2 : = \frac{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N}}{N}$$

$$\sigma^2_{\text{männlich}} = \frac{111040{,}60 - 104119{,}22}{1056} = \frac{6921{,}38}{1056}$$

$$\sigma^2_{\text{weiblich}} = \frac{69083{,}33 - 64580{,}80}{657} = \frac{4502{,}53}{657}$$

$\sigma^2_{\text{männlich}} = 6{,}55$ $\qquad$ $\sigma^2_{\text{weiblich}} = 6{,}85$

$\sigma_{\text{männlich}} = \sqrt{6{,}55}$ $\qquad$ $\sigma_{\text{weiblich}} = \sqrt{6{,}85}$

$\sigma_{\text{männlich}} = \pm 2{,}56$ $\qquad$ $\sigma_{\text{weiblich}} = \pm 2{,}62$

1. Prüfung der Unterschiede zwischen männlich und weiblich durch Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{\text{weiblich}}}{\sigma^2_{\text{männlich}}} = \frac{6{,}85}{6{,}55} = 1{,}04$$

Nach "F - Tabelle" ergibt sich für $df_1 = 100$
und $df_2 = \infty$
der Wert 1,24

(F-Tabelle: siehe Buch: Planung und statistische Auswertung von Experimenten von E. Mittenecker, Seite 157).

Der obige Wert von 1,04 liegt also noch deutlich innerhalb des Bereiches und wir haben es hier mit homogenen Varianzen zu tun.
Die Prüfung der Unterschiede zwischen den beiden Stichproben erfolgt daher nach folgender Formel:

$$\sigma_{\text{diff}} = \sqrt{\frac{\sum X_1^2 + \sum X_2^2}{N_1 + N_2 - 2}\left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right)}$$

wobei die Summe aller X^2

$$= \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}$$

$$\sigma_{\text{diff}} = \sqrt{\frac{6921{,}38 + 4502{,}53}{1056 + 657 - 2}\left(\frac{1}{1056} + \frac{1}{657}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{11423{,}91 \cdot 1713}{1711 \cdot 693792}} = \sqrt{0{,}0164}$$

$$\sigma_{diff} = 0{,}128$$

2. Die Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{M_1 - M_2}{\sigma_{diff}} = \frac{0{,}14}{0{,}128} = 1{,}09$$

Nach der t-Tabelle (E. Mittenecker, S.156) ergibt sich für sehr signifikante Unterschiede für $N = \infty$ der t-Wert von 2,576. Unser errechneter Wert von 1,09 liegt deutlich darunter. Es handelt sich hierbei nur um zufällige Unterschiede und nicht um statistische.

III. Prüfung der Unterschiede zwischen den verschiedenen Altersgruppen.

A. Prüfung der statistischen Unterschiede der Altersgruppen bei den Männern mit Hilfe der Varianzanalyse.

Gesamtzahl der Individuen aller Gruppen:

$N = 1056$

Zahl der Individuen der einzelnen Gruppen:

1	bis	10	jährige	=	N_1	= 9
11	"	20	"	=	N_2	= 84
21	"	30	"	=	N_3	= 196
31	"	40	"	=	N_4	= 152
41	"	50	"	=	N_5	= 127
51	"	60	"	=	N_6	= 228
61	"	70	"	=	N_7	= 146
71	"	80	"	=	N_8	= 95
81	"	90	"	=	N_9	= 19

Zahl der Gruppen $r = 9$

Quadratsummen (Buch S.68)

Total: $\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N} = 111040{,}60 - 104119{,}22 = \underline{6921{,}38}$

Zwischen: $\frac{(\sum x_1)^2}{N_1} + \frac{(\sum x_2)^2}{N_2} + \frac{(\sum x_3)^2}{N_3} + \frac{(\sum x_4)^2}{N_4} + \frac{(\sum x_5)^2}{N_5} +$

$+ \frac{(\sum x_6)^2}{N_6} + \frac{(\sum x_7)^2}{N_7} + \frac{(\sum x_8)^2}{N_8} + \frac{(\sum x_9)^2}{N_9} - \frac{(\sum x)^2}{N} =$

$= 1\,220{,}33 + 7\,495{,}74 + 16\,965{,}06 + 13\,788{,}39 +$

$+ 12\,465{,}09 + 24\,668{,}80 + 15\,621{,}26 + 10\,002{,}47 +$

$+ 2\,134{,}84 - 104\,119{,}22 = \underline{242{,}76}$

Innerhalb: Total - Zwischen = $\underline{6678{,}62}$

Zur Überprüfung der Rechnung:

Innerhalb: $\sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{N_1} + \ldots\ldots\ldots \sum x_9^2 - \frac{(\sum x_9)^2}{N_9}$

$= 32{,}29 + 395{,}03 + 1\,784{,}85 + 679{,}61 + 711{,}79 +$

$+ 1\,359{,}69 + 921{,}36 + 692{,}26 + 101{,}74 = \underline{6\,678{,}62}$

df

Zwischen = $r - 1 = \underline{8}$

Innerhalb = $N_1 - 1 + N_2 - 1 + \ldots\ldots\ldots N_9 - 1 = N - 9 =$

$= 1056 - 9 = \underline{1047}$

Total = $N - 1 = \underline{1055}$

Gesamtergebnis

Art der Variationen	Quadrat-summe	df	Mittleres Quadrat	F
Zwischen den Gruppen	242,76	8	30,34	4,76
Innerhalb der Gruppen	6 678,62	1047	6,37	
Total	6 921,38	1055		

In der Tabelle der F-Werte ergibt sich für $df_1 = 8$ und $df_2 = \infty$ der Wert von 1,94. Der errechnete Wert 4,76 liegt außerhalb dieses Wertes. Es bestehen also zwischen den einzelnen Gruppen statistisch signifikante Unterschiede.

B. Prüfung der statistischen Unterschiede der Altersgruppen bei den Frauen.

Gesamtzahl der Individuen aller Gruppen:

$$N = 657$$

Zahl der Individuen der einzelnen Gruppen:

1 bis 10 jährige	= N_1	= 6
11 " 20 "	= N_2	= 66
21 " 30 "	= N_3	= 100
31 " 40 "	= N_4	= 99
41 " 50 "	= N_5	= 98
51 " 60 "	= N_6	= 127
61 " 70 "	= N_7	= 82
71 " 80 "	= N_8	= 64
81 " 90 "	= N_9	= 15

Zahl der Gruppen $r = 9$

Quadratsummen

Total: $\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N} = 4\,502{,}53$

Zwischen: $\frac{(\sum X_1)^2}{N_1} + \ldots\ldots\ldots \frac{(\sum X_9)^2}{N_9} - \frac{(\sum X)^2}{N} =$

$$= 993{,}30 + 5\ 958{,}40 + 7\ 607{,}32 + 8\ 293{,}10 +$$
$$+ 933{,}68 + 14\ 463{,}29 + 9\ 135{,}24 + 7\ 560{,}30 +$$
$$+ 1\ 672{,}70 - 64\ 580{,}80 = \underline{436{,}53}$$

Innerhalb: $4\ 502{,}53 - 436{,}53 = \underline{4\ 066{,}00}$

Zur Überprüfung der Rechnung

$$\text{Innerhalb: } \sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{N_1} + \ldots\ldots\ldots \sum X_9^2 - \frac{(\sum X_9)^2}{N_9} =$$

$$= 38{,}48 + 215{,}81 + 385{,}18 + 449{,}95 + 690{,}26 +$$
$$+ 1\ 367{,}69 + 479{,}97 + 330{,}56 + 108{,}10 =$$
$$= 4\ 066{,}00$$

df

Zwischen $= r - 1 = \underline{8}$

Innerhalb $= N_1 - 1 + N_2 - 1 + \ldots\ldots\ldots N_9 - 1 =$

$= 657 - 9 = \underline{648}$

Total $= N - 1 = \underline{656}$

Gesamtergebnis

Art der Variationen	Quadrat-summe	df	Mittleres Quadrat	F
Zwischen den Gruppen	436,53	8	54,56	8,7
Innerhalb der Gruppen	4 066,00	648	6,27	
Total	4 502,53	656		

Der gefundene Wert 8,7 liegt im Vergleich zum Wert der F-Tabelle weit außerhalb. Zwischen den einzelnen Gruppen bestehen daher statistisch signifikante Unterschiede!

Prüfung der einzelnen Unterschiede bei den weiblichen Altersgruppen.

1. Prüfung der Altersgruppen der 1 bis 10 und 11 bis 20 jährigen:

	1 - 10 jährige	11 - 20 jährige
N_1 :	= 6	N_2 = 66
ΣX	= 77,2	627,1
ΣX^2	= 1031,78	6174,21
M	= 12,866	9,50151
$(\Sigma X)^2$	= 5959,84	393254,41
$\frac{(\Sigma X)^2}{N-1}$	= 993,30	5958,40
σ^2_{1-10}	= 7,69	σ^2_{11-20} = 3,32
σ_{1-10}	= ± 2,77	σ_{11-20} = ±1,82

Anmerkung: Für alle Berechnungen von σ^2 und σ wurde die Formel:

$$\sigma^2 = \frac{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N}}{N^*}$$

angewendet.

* Für Werte von N, die kleiner als 100 sind, wurde für diesen Wert der errechnete Wert von N - 1 eingesetzt.

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{1-10}}{\sigma^2_{11-20}} = \frac{7,69}{3,32} = 2,31$$

Nach F-Tabelle ergibt sich $df_1 = 6$ und $df_2 = 66$ der Wert 2,25.

Der errechnete Wert von 2,31 liegt also außerhalb! Wir haben es damit mit heterogenen Varianzen zu tun. Die Prüfung der Unterschiede zwischen den beiden Stichproben erfolgt daher nach der Formel:

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}$$

$$= \sqrt{\frac{7,69}{6} + \frac{3,32}{66}} = \sqrt{\frac{527,46}{396}}$$

$$\sigma_{diff} = 1,15$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{M_1 - M_2}{\sigma_{diff}} = \frac{12,86 - 9,50}{1,15} = 2,92$$

Nach t-Tabelle ergibt sich für $df = \frac{70}{2} = 35$: 2,718. Der errechnete Wert von 2,92 liegt darüber. Es handelt sich also um statistische Unterschiede.

2. Prüfung der Altersgruppen 11 bis 20 und 21 bis 30

21 - 30

$N_3 = 100$ ($N_2 = 66$)

$M_{21-30} = 8,7$ ($M_{11-20} = 9,50$)

$\Sigma X = 872,2$

$\Sigma X^2 = 7992,50$

$(\Sigma X)^2 = 760732,84$ $\quad \frac{(\Sigma X)^2}{N} = 7607,3284$

$\sigma^2_{21-30} = 5,18$ $\quad \sigma^2_{11-20} = 3,32$

$\sigma_{21-30} = \pm 2,27$ $\quad \sigma_{11-20} = \pm 1,82$

} Beide Werte wurden unter 1.) berechnet.

a) Prüfung der Varianzen

$$\frac{\sigma^2_{21-30}}{\sigma^2_{11-20}} = \frac{5,18}{3,32} = 1,56$$

Nach F-Tabelle für $df_1 = 100$; $df_2 = 70$: ergibt sich 1,45. Der errechnete Wert von 1,56 liegt außerhalb: heterogene Varianzen.

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{3,32}{66} + \frac{5,18}{100}} = \sqrt{0,0503 + 0,0518} = \sqrt{0,1021}$$

$$= 0,3195$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{M_{11-20} - M_{21-30}}{\sigma_{diff}} = \frac{0,8}{0,3195} = 2,50$$

Nach t-Tabelle ergibt sich für df = 80: 2,638.

Der errechnete Wert liegt darunter: Unterschiede zwische
beiden Altersgruppen sind nicht signifikant verschieden.

3. Prüfung der Altersgruppen zwischen 21 - 30 und 31 - 40

21 - 40

N_4 = 99

M_{31-40} = 9,15

$\sum X$ = 906,1

$\sum X^2$ = 8743,05

$(\sum X)^2$ = 8293,10

σ^2_{31-40} = 4,59

σ_{31-40} = ± 2,14

(N_3 = 100)

(M_{21-30} = 8,7)

$\frac{(\sum X)^2}{N_4}$ = 449,95

σ^2_{21-30} = 5,15

σ_{21-30} = ± 2,27

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{21\text{-}30}}{\sigma^2_{31\text{-}40}} = \frac{5,18}{4,59} = 1,12$$

F-Wert nach Tabelle: $df_1 = 100$; $df_2 = 100$ = 1,39
Der errechnete Wert liegt tiefer: Prüfung nach homogenen Varianzen.

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{385,18 + 449,95}{197}\left(\frac{1}{100} + \frac{1}{99}\right)}$$

$$= \sqrt{4,23 \quad \frac{199}{9900}} = \sqrt{0,085023} = 0,291$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{9,15 - 8,7}{0,291} = \frac{0,45}{0,291} = 1,54$$

t-Wert nach Tabelle für df = 100 : 2,626.
Errechneter Wert liegt darunter: keine signifikanten Unterschiede.

4. Prüfung der Altersgruppen zwischen 31 - 40 und 41 - 50

41 - 50

$N_5 = 98$ ($N_4 = 99$)

$M_{41-50} = 9,75$ ($M_{31-40} = 9,15$)

$\sum X = 956,4$

$\sum X^2 = 10023,94$

$(\sum X)^2 = 914700,96$

$\frac{(\sum X)^2}{N_5} = 9333,68$

$\sigma^2_{41-50} = 7,11$ $\sigma^2_{31-40} = 4,59$

$\sigma_{41-50} = \pm 2,66$ $\sigma_{31-40} = \pm 2,14$

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{41-50}}{\sigma^2_{31-40}} = \frac{7,11}{4,59} = 1,54901$$

F-Wert nach Tabelle für $df_1 = 98$; $df_2 = 99$ = 1,39.
Der gemessene Wert liegt darüber: Prüfung nach heterogen Varianz.

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{7,11}{98} + \frac{4,59}{99}} = \sqrt{\frac{703,89 + 449,82}{9702}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1153,71}{9702}} = \sqrt{0,118} = 0,334$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{9,75 - 9,15}{0,334} = \frac{0,6}{0,334} = 1,79$$

t-Wert nach Tabelle für df 100 = 2,626. Errechneter Wert liegt darunter: statistisch nicht signifikant.

5. Prüfung der Altersgruppen zwischen 41 - 50 und 51 - 60

51 - 60		(41 - 50)
N_6	= 127	(N_5 = 98)
M_{51-60}	= 10,67	(M_{41-50} = 9,75)
$\sum X$	= 1355,3	
$\sum X^2$	= 15830,98	$\frac{(\sum X)^2}{N_6}$ = 14 463,29
$(\sum X)^2$	= 1836838,09	

$\sigma^2_{51-60} = 10,677$ $\sigma^2_{41-50} = 7,11$

$\sigma_{51-60} = \pm 3,28$ $\sigma_{41-50} = \pm 2,66$

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{51-60}}{\sigma^2_{41-50}} = \frac{10,677}{7,11} = 1,50$$

F-Wert nach Tabelle $df_1 = 127$, $df_2 = 98$ = 1,32

Daher Prüfung nach heterogenen Varianzen:

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{10,677}{127} + \frac{7,11}{98}} = \sqrt{0,084 + 0,072} = \sqrt{0,}$$

$$= 0,125$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{10,67 - 9,75}{0,125} = \frac{0,92}{0,125} = 7,36$$

t-Wert nach Tabelle = 1,39

Statistisch signifikante Unterschiede!

6. Prüfung der Altersgruppen zwischen 51 - 60 und 61 - 70

61 - 70		(51 - 60)
N_7	= 82	(N_6 = 127)
M_{61-70}	= 10,55	(M_{51-60} = 10,67)
$\sum X$	= 865,5	
$\sum X^2$	= 9615,21	$\frac{(\sum X)^2}{N_7}$ = 9 135,24
$(\sum X)^2$	= 749090,25	
σ^2_{61-70}	= 5,92	σ^2_{51-60} = 10,677
σ_{61-70}	= ± 2,43	σ_{51-60} = ± 3,28

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{51-60}}{\sigma^2_{61-70}} = \frac{10,677}{5,92} = 1,8$$

F-Wert nach Tabelle für $df_1 = 127$; $df_2 = 82$ = 1,42

Prüfung nach heterogenen Varianzen:

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{10,677}{127} + \frac{5,92}{82}} = \sqrt{0,084 + 0,072} =$$

$$= \sqrt{0,156} = 0,125$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{10,55 - 10,67}{0,125} = \frac{0,12}{0,125} = 0,96$$

t-Wert der Tabelle: 1,42

Keine Signifikanz

7. Prüfung der Altersgruppen zwischen 61 - 70 und 71 - 80

71 - 80

$N_8 = 64$ ($N_7 = 82$)

$M_{71-80} = 10,86$ ($M_{61-70} = 10,55$)

$\Sigma X = 695,6$

$\Sigma X^2 = 7890,86$

$(\Sigma X)^2 = 483859,36$

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_8} = 7560,30$

$\sigma^2_{71-80} = 5,24$ $\sigma^2_{61-70} = 5,92$

$\sigma_{71-80} = \pm 2,29$ $\sigma_{61-70} = \pm 2,43$

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{61-70}}{\sigma^2_{71-80}} = \frac{5,92}{5,24} = 1,12$$

Prüfung nach homogenen Varianzen:

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{330,56 + 479,97}{144}\left(\frac{1}{82} + \frac{1}{64}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{810,53}{144} \cdot \frac{64 + 82}{5248}} = \sqrt{5,62 \cdot \frac{146}{5248}} =$$

$$= \sqrt{5,62 \cdot 0,0278} = \sqrt{0,156\,236}$$

$$= 0,125$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{10,86 - 10,55}{0,125} = \frac{0,31}{0,125} = 2,48$$

t-Wert nach Tabelle für df = 70 = 2,648

Gemessener Wert liegt darunter:

keine signifikanten Unterschiede.

8. Prüfung der Altersgruppen zwischen 71 - 80 und 81 - 90

81 - 90			
N_9	= 15	(N_8	= 64)
M_{81-90}	= 10,6	(M_{71-80}	= 10,86)
ΣX	= 158,4		
ΣX^2	= 1780,80	$\frac{(\Sigma X)^2}{N_9}$	= 1 672,70
$(\Sigma X)^2$	= 25090,56		
σ^2_{81-90}	= 7,72	σ^2_{71-80}	= 5,24
σ_{81-90}	= ± 2,78	σ_{71-80}	= ± 2,29

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{81-90}}{\sigma^2_{71-80}} = \frac{7,72}{5,24} = 1,47$$

Prüfung nach homogenen Varianzen:

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{108,10 + 330,56}{77} \left(\frac{1}{64} + \frac{1}{17}\right)}$$

$$= \sqrt{5,69 \cdot \frac{17 + 64}{1088}} = \sqrt{5,69 \cdot 0,0744} =$$

$$= \sqrt{0,423\ 336} = 0,65$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{10,86 - 10,60}{0,65} = \frac{0,26}{0,65} = 0,4$$

t-Wert nach Tabelle für df = 40 = 2,704

Gemessener Wert von 0,4 liegt deutlich darunter; daher keine signifikanten Unterschiede.

Prüfung der einzelnen Unterschiede bei den männlichen Altersgruppen.

1. Prüfung der Altersgruppen zwischen 1 - 10 und 11 - 20

	1 - 10	11 - 20
N_1 / N_2	9	84
M	11,64	9,45
ΣX	104,8	793,5
ΣX^2	1252,62	7890,77
$(\Sigma X)^2$	10983,04	629642,25
$\frac{(\Sigma X)^2}{N}$	1220,33	7495,74

$\sigma^2_{1-10} = 4{,}03$ $\qquad$ $\sigma^2_{11-20} = 4{,}759$

$\sigma_{1-10} = \pm 2{,}009$ $\qquad$ $\sigma_{11-20} = \pm 2{,}18$

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{11-20}}{\sigma^2_{1-10}} = \frac{4{,}759}{4{,}03} = 1{,}18$$

F-Wert nach Tabelle: = 2,76

Der errechnete Wert von 1,18 liegt darunter, daher Prüfung nach homogenen Varianzen.

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{32,29 + 395,03}{91}\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{84}\right)}$$

$$= \sqrt{4,69 \cdot \frac{93}{756}} = \sqrt{4,69 \cdot 0,123} = \sqrt{0,57687}$$

$$= 0,759$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{11,64 - 9,45}{0,759} = \frac{2,19}{0,759} = 2,88$$

t-Wert nach Tabelle für df = 100 = 2,626

Der errechnete Wert liegt außerhalb:

statistisch signifikante Unterschiede.

2. Prüfung der Altersgruppen zwischen 11 - 20 und 21 - 30

21 - 30

$N_3 = 196$ ($N_2 = 84$)

$M_{21-30} = 9,30$ ($M_{11-20} = 9,45$)

$\sum X = 1823,5$

$\sum X^2 = 18749,91$

$(\sum X)^2 = 3325152,25$

$\frac{(\sum X)^2}{N} = 16965,06$

$\sigma^2_{21-30} = 9,106$

$\sigma_{21-30} = \pm 3,01$

$\sigma^2_{11-20} = 4,759$

$\sigma_{11-20} = \pm 2,18$

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{21-30}}{\sigma^2_{11-20}} = \frac{9,106}{4,759} = 1,91$$

F-Wert nach Tabelle für $df_1 = 196$; $df_2 = 84$ = 1,39

Prüfung nach heterogenen Varianzen:

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{4,759}{84} + \frac{9,106}{196}} = \sqrt{0,056 + 0,046} = \sqrt{0,102}$$

$$= 0,319$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{9,45 - 9,30}{0,319} = \frac{0,15}{0,319} = 0,47$$

t-Wert nach Tabelle für df = = 2,576

Gemessener Wert liegt darunter:

nicht statistisch signifikant.

3. Prüfung der Altersgruppen zwischen 21 - 30 und 31 - 40

31 - 40

$N_4 = 152$ ($N_3 = 196$)

$M_{31-40} = 9,5243$ ($M_{21-30} = 9,30$)

$\Sigma X = 1447,7$

$\Sigma X^2 = 14468,00$

$(\Sigma X)^2 = 2095835,29$

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_4} = 13\,788,39$

$\sigma^2_{31-40} = 4,471$ $\sigma^2_{21-30} = 9,106$

$\sigma_{31-40} = \pm 2,12$ $\sigma_{21-30} = \pm 3,01$

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{21-30}}{\sigma^2_{31-40}} = \frac{9,106}{4,471} = 2,036$$

F-Wert nach Tabelle = 1,39

Prüfung nach heterogener Varianz:

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{9,106}{196} + \frac{4,471}{152}} = \sqrt{0,046 + 0,029} = \sqrt{0,0}$$

$= 0,274$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{9,52 - 9,30}{0,274} = \frac{0,22}{0,274} = 0,8$$

t-Wert nach Tabelle für df = ∞ = 2,576.

Keine statistisch signifikanten Unterschiede.

4. Prüfung der Altersgruppen zwischen 31 - 40 und 41 - 50

41 - 50

N_5 = 127 (N_4 = 152)

M_{41-50} = 9,90708 (M_{31-40} = 9,5243

ΣX = 1258,2

ΣX^2 = 13176,88

$(\Sigma X)^2$ =1583067,24

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_5}$ = 12 465,09

σ^2_{41-50} = 5,604 σ^2_{31-40} = 4,471

σ_{41-50} = ± 2,36 σ_{31-40} = ± 2,12

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{41-50}}{\sigma^2_{31-40}} = \frac{5,604}{4,471} = 1,25$$

Wert nach F-Tabelle: = 1,39

Prüfung nach homogenen Varianzen:

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{679,61 + 711,79}{277} \cdot \frac{279}{152 \cdot 127}} =$$

$$= \sqrt{5,02 \cdot 0,014} = \sqrt{0,07028}$$

$$= 0,265$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{9,90 - 9,52}{0,265} = \frac{0,38}{0,265} = 1,43$$

t-Wert nach Tabelle für df = 129 = 2,626

Unterschiede sind nicht statistisch signifikant.

5. Prüfung der Altersgruppen 41-50 und 51-60

51 - 60		(41 - 50)
N_6	= 228	(N_5 = 127)
M_{51-60}	= 10,4017	(M_{41-50} = 9,90708)
ΣX	= 2371,6	
ΣX^2	= 26028,49	$\frac{(\Sigma X)^2}{N_6}$ = 24 668,80
$(\Sigma X)^2$	= 5624486,56	
σ^2_{51-60}	= 5,96	σ^2_{41-50} = 5,604
σ_{51-60}	= ± 2,44	σ_{41-50} = ± 2,36

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{51-60}}{\sigma^2_{41-50}} = \frac{5,96}{5,604} = 1,06$$

Prüfung nach homogenen Varianzen:

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{711,79 + 1359,69}{353} \cdot \frac{355}{127 \cdot 228}} =$$

$$= \sqrt{5,86 \cdot 0,0122} = \sqrt{0,071492}$$

$$= 0,265$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{10,40 - 9,90}{0,265} = \frac{0,50}{0,265} = 1,88$$

t-Wert nach Tabelle für df = ∞ = 2,576

Nicht statistisch signifikant.

6. Prüfung der Altersgruppen zwischen 51 - 60 und 61 - 70

61 - 70

$N_7 = 146$ ($N_6 = 228$)

$M_{61-70} = 10{,}3438$ ($M_{51-60} = 10{,}4017$)

$\Sigma X = 1510{,}2$

$\Sigma X^2 = 16542{,}62$

$(\Sigma X)^2 = 2280704{,}04$

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_7} = 15\,621{,}26$

$\sigma^2_{61-70} = 6{,}31$ $\sigma^2_{51-60} = 5{,}96$

$\sigma_{61-70} = \pm 2{,}51$ $\sigma_{51-60} = \pm 2{,}44$

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{61-70}}{\sigma^2_{51-60}} = \frac{6{,}31}{5{,}96} = 1{,}05$$

Prüfung nach homogenen Varianzen:

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{1359{,}69 + 921{,}36}{372}\left(\frac{1}{146} + \frac{1}{228}\right)} =$$

$$= \sqrt{6{,}13 \cdot \frac{374}{33288}} = \sqrt{6{,}13 \cdot 0{,}0112} = \sqrt{0{,}068}$$

$$= 0{,}262$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{10,34 - 10,40}{0,262} = \frac{0,06}{0,262} = 0,23$$

Wert nach t-Tabelle für df = ∞ = 2,576

Gemessener Wert liegt darunter: nicht statistisch signifikant.

7. Prüfung der Altersgruppen zwischen 61 - 70 und 71 - 80

71 - 80

N_8 = 95 (N_7 = 146)

M_{71-80} = 10,26105 (M_{61-70} = 10,3438)

ΣX = 974,8

ΣX^2 = 10694,73

$(\Sigma X)^2$ = 950235,04

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_8}$ = 10 002,47

σ^2_{71-80} = 7,36 σ^2_{61-70} = 6,31

σ_{71-80} = ± 2,71 σ_{61-70} = ± 2,51

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{71-80}}{\sigma^2_{61-70}} = \frac{7,36}{6,31} = 1,16$$

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{921,36 + 692,26}{146 + 93}\left(\frac{1}{146} + \frac{1}{95}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{1613,62}{239} \cdot \frac{241}{13870}}$$

$$= \sqrt{6,75 \cdot 0,0173} = \sqrt{0,116775}$$

$$= 0,341$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{10,34 - 10,26}{0,341} = \frac{0,08}{0,341} = 0,23$$

t-Wert nach Tabelle für df = 120 = 2,626

nicht statistisch signifikant.

8. Prüfung der Altersgruppen zwischen 71 - 80 und 81 - 90

81 - 90

N_9 = 19 (N_8 = 95)

M_{81-90} = 10,60 (M_{71-80} = 10,26105)

Σx = 201,4

Σx^2 = 2236,58

$(\Sigma x)^2$ = 40561,96

$\frac{(\Sigma x)^2}{N_9}$ = 2134,84

$\sigma^2_{x_1-x_2} = 5,65$ $\qquad$ $\sigma^2_{y_1-y_2} = 7,35$

$\sigma_{x_1-x_2} = \pm 2,37$ $\qquad$ $\sigma_{y_1-y_2} = \pm 2,71$

a) Prüfung der Varianzen:

$$\frac{\sigma^2_{y_1-y_2}}{\sigma^2_{x_1-x_2}} = \frac{7,35}{5,65} = 1,31$$

Wert nach F-Tabelle: $= 1,34$

Prüfung der gemeinsamen Varianzen:

$$\sigma_{xy} = \sqrt{\frac{662,23 + 11,74}{112} \cdot \frac{114}{1805}}$$

$$= \sqrt{7,05 \cdot 0,063} = \sqrt{0,445\,748}$$

$$= 0,668$$

b) Berechnung des t-Wertes:

$$\frac{10,60 - 10,26}{0,668} = \frac{0,34}{0,668} = 0,508$$

t-Wert nach Tabelle für df = 55 $= 0,668$

Gemessener Wert liegt darüber: statistisch nicht signifikant.

Anschließend folgen zwei graphische Darstellungen der Mittelwerte M der α-Globulinfraktion bei den verschiedenen männlichen und weiblichen Altersgruppen und der entsprechenden Standardabweichungen $\pm \sigma$.

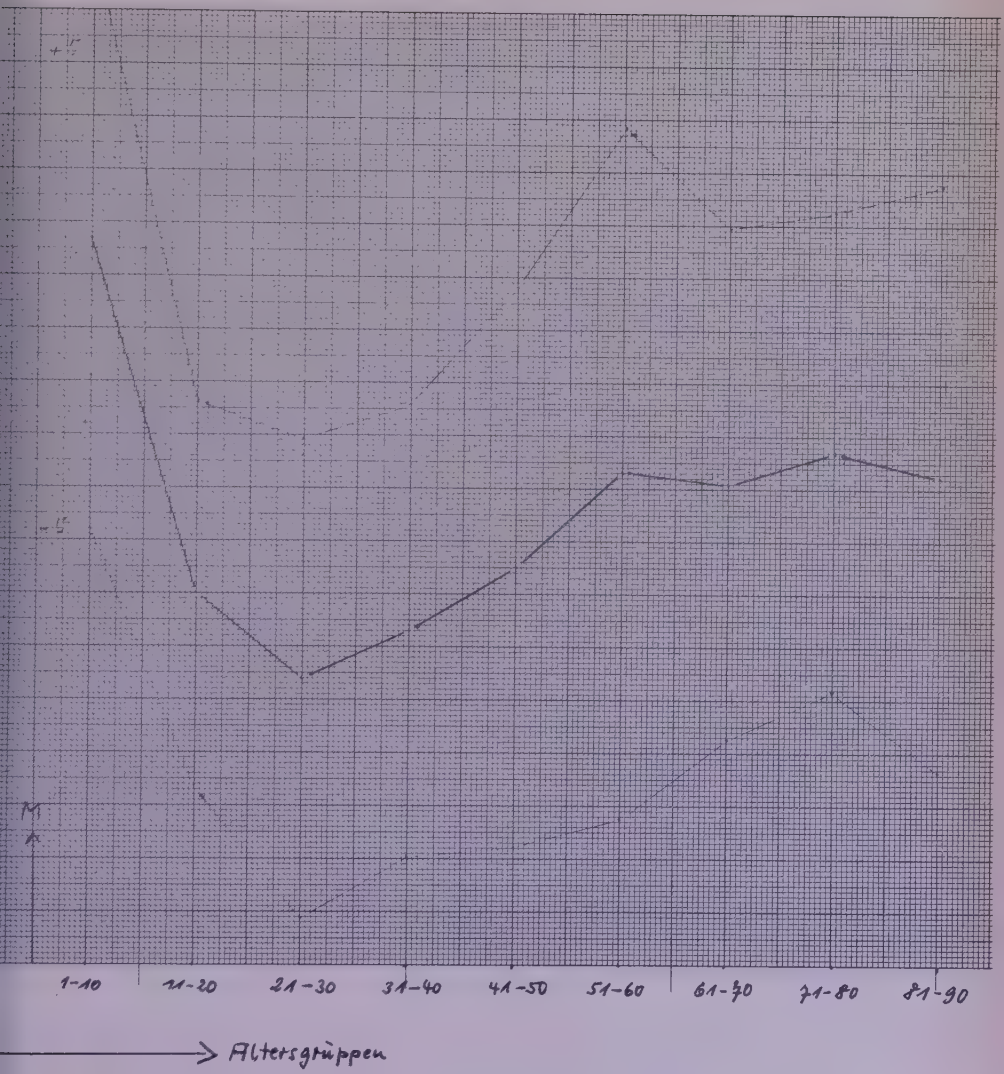
Mittelwert M: rote Linien
Standardabweichung $\pm \sigma$: grüne Linien

Beide Mittelwertskurven zeigen bei der Altersgruppe 1 - 10 einen verhältnismäßig hohen Wert.

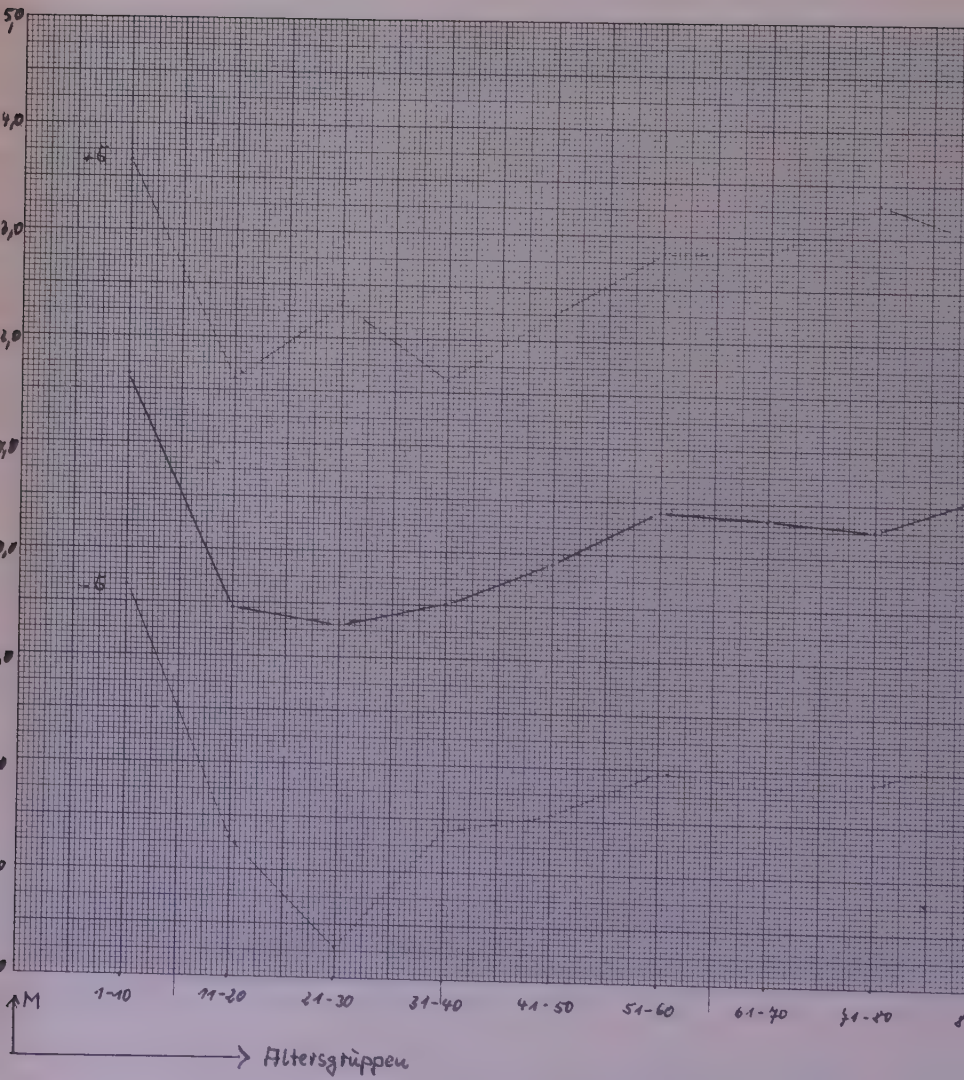
Dieser fällt im Verlauf der Kurve bis zur Altersgruppe 21 - 30 ab, um von hier mit einem deutlichen Knick wieder anzusteigen.

Mit Erreichen der Altersgruppe 51 - 60 zeigt die übrige Kurve nur mehr geringe Schwankungen.

F r a u e n


+1°
-1°
M
1-10
11-20
21-30
31-40
41-50
51-60
61-70
71-80
81-90
Altersgruppen

M ä n n e r


5,0
4,0
3,0
2,0
M
1-10
11-20
21-30
31-40
41-50
51-60
61-70
71-80
Altersgruppen

IV. Prüfung der Unterschiede zwischen einzelnen Krankheiten (Zahl der Gruppen: 23)

a) Auswertung der α-Globulinwerte (X)

1. Alopecia

Fallzahl $N_1 = 32$

$M = 9,24$

X	X^2		
9,5	90,25	10,9	118,81
9,6	92,16	15,5	240,25
6,6	43,56	11,9	141,61
8,1	65,10	7,6	57,76
7,5	56,25	8,0	64,00
6,5	42,25	6,6	43,56
7,8	60,84	14,6	213,16
10,6	112,36	9,0	81,00
10,1	102,01		
7,6	57,76		
6,4	40,96		
11,7	136,89		
9,6	73,96		
11,8	139,24		
8,9	79,21		
8,4	70,56		
11,4	129,96		
8,8	77,44		
9,8	96,04		
7,5	56,25		
6,8	46,24		
10,0	100,00		
8,0	64,00		
8,6	73,96		

$$\Sigma X^2 = 2\,867,40$$

$$\Sigma X = 295,7$$

$$(\Sigma X)^2 = 87\,438,49$$

$$\frac{(\Sigma X)^2}{N_1} = 2\,732,45$$

$$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_1} = 134,95$$

$$\sigma^2 = \frac{2867,40 - 2732,45}{31}$$

$$\sigma^2 = 4,35$$

$$\sigma = \pm 2,08$$

2. Akne und Rosacea

$N_2 = 36$

$M = 9,57$

10,5	110,25	12,2	148,84
10,4	108,16	11,4	129,96
10,8	116,64	7,9	62,41
10,8	116,64	10,6	112,36
6,5	42,25	11,9	141,61
13,5	47,61	7,8	60,84
6,9	182,25	8,2	67,24
10,2	104,04	12,3	151,29
9,4	88,36	10,9	118,81
11,0	121,00	11,6	134,56
8,6	73,96		
6,9	47,61		
7,0	49,00		
9,4	88,36		
13,9	193,21		
6,6	43,56		
8,0	64,00		
10,1	102,01		
8,8	77,44		
7,0	49,00		
7,5	56,25		
12,3	151,29		
10,1	102,01		
8,5	72,25		
6,9	47,61		
7,9	62,41		
12,2	148,84		
11,4	129,96		
7,9	62,41		

$\Sigma X^2 = 3\,445,09$

$\Sigma X = 344,4$

$(\Sigma X)^2 = 118\,542,49$

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_2} = 3\,292,84$

$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_2} = 152,25$

$\sigma^2 = 4,35$

$\sigma = \pm 2,08$

3. Basaliome

$N_3 = 28$

$M = 10,27$

8,1	65,61
10,7	114,49
8,7	75,69
14,4	207,36
9,3	86,49
10,2	104,04
9,6	92,16
10,4	108,16
9,2	84,64
9,1	82,81
9,5	90,25
10,1	102,01
8,8	77,44
9,5	90,25
7,6	57,76
8,7	75,69
13,9	193,21
12,1	146,41
18,0	324,00
9,5	90,25
11,6	134,56
10,4	108,16
13,4	179,56
9,6	92,16
8,6	73,96
10,2	104,04
9,4	88,36
7,1	50,41

$$\Sigma x^2 = 3\,099,93$$

$$\Sigma x = 287,7$$

$$(\Sigma x)^2 = 82\,771,29$$

$$\frac{(\Sigma x)^2}{N_3} = 2\,956,11$$

$$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N_3} = 143,82$$

$$\sigma^2 = 5,32$$

$$\sigma = \pm 2,306$$

4. Ca und Melanome

$N_4 = 78$

$M = 9,81$

10,9	118,81	10,7	114,49	7,1	50,41
9,4	88,36	10,00	100,00	9,5	90,25
10,2	104,04	10,8	116,64	9,4	88,36
7,6	57,76	7,0	49,00	9,4	88,36
6,6	43,56	9,3	86,49	10,2	104,04
7,5	56,25	10,3	106,09	11,2	125,44
10,2	104,04	12,8	163,84	10,8	116,64
11,0	121,00	13,6	184,96	10,2	104,04
8,6	73,96	10,2	104,04	10,1	102,01
14,2	201,64	9,7	94,09	12,4	153,76
10,6	112,36	10,3	106,09	7,8	60,84
10,5	110,25	10,5	110,25	7,5	56,25
9,0	81,00	13,3	176,89	6,9	47,61
12,5	156,25	9,8	96,04	9,3	86,49
7,2	51,84	10,3	106,09	12,7	161,29
7,5	56,25	11,0	121,00	16,9	285,61
9,1	82,81	8,9	79,21		
9,1	82,81	10,0	100,00		
8,4	76,56	8,3	68,89		
8,5	72,25	6,4	40,96		
7,6	57,76	8,6	73,96		
9,1	82,81	15,1	228,01		
9,9	98,01	10,1	102,01		
9,0	81,00	13,8	190,44		
8,6	73,96	11,1	123,21		
7,0	49,00	8,5	72,25		
7,8	60,84	10,8	116,64		
10,6	112,36	9,8	96,04		
7,3	53,29	10,1	102,01		
8,6	73,96	10,9	118,81		
11,2	125,44	6,8	46,24		

$\Sigma X^2 = 7\,830,31$

$\Sigma X = 765,5$

$(\Sigma X)^2 = 585\,990,25$

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_4} = 7\,512,69$

$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_4} = 317,62$

$\sigma^2 = 4,124$

$\sigma = \pm 2,031$

5. Ekzem

$N_5 = 420$

$M = 9,99$

15,1	228,01	8,1	65,61	9,1	82,81	9,3	86,49
9,2	84,64	7,2	51,84	5,7	32,49	15,0	225,00
12,2	148,84	17,2	295,84	10,4	108,16	9,7	94,09
20,0	400,00	8,7	75,69	9,1	82,81	10,0	100,00
7,5	56,25	10,1	102,01	11,3	127,69	11,0	121,00
11,7	136,89	8,6	73,96	8,7	75,69	10,9	118,81
10,4	108,16	10,1	102,01	9,0	81,00	8,7	75,69
13,4	179,56	9,7	94,09	12,7	161,29	8,7	75,69
11,3	127,69	6,5	42,25	13,8	190,44	9,4	88,36
7,7	59,29	9,3	86,49	6,3	39,69	8,9	79,21
10,5	110,25	11,0	121,00	5,8	33,64	6,2	38,44
24,8	615,04	11,6	134,56	9,1	82,81	12,5	156,25
13,3	176,89	5,3	28,09	5,2	27,04	7,7	59,29
7,6	57,76	11,4	129,96	12,5	156,25	11,1	123,21
9,7	94,09	11,2	125,44	10,0	100,00	11,0	121,00
7,5	56,25	12,4	153,76	7,9	62,41	10,5	110,25
11,7	136,89	10,5	110,25	8,1	65,61	8,3	68,89
11,6	134,56	6,5	42,25	12,0	144,00	8,5	72,25
8,2	67,24	8,0	64,00	10,3	106,09	12,2	148,84
8,2	67,24	9,1	82,81	10,7	114,49	10,1	102,01
10,7	114,49	8,2	67,24	11,6	134,56	8,9	79,21
7,8	60,84	10,5	110,25	12,2	148,84	12,3	151,29
10,1	102,01	13,3	176,89	9,9	98,01	8,1	65,61
10,2	104,04	9,3	86,49	9,7	94,09	8,7	75,69
10,1	102,01	7,4	64,76	5,5	30,25	9,7	94,09
10,4	108,16	4,5	20,25	12,8	163,84	13,3	176,89
10,9	118,81	8,1	65,61	14,0	196,00	10,6	112,36
9,9	98,01	8,3	68,89	12,2	148,84	8,3	68,89
13,2	174,24	7,3	53,29	8,5	72,25	9,1	82,81
13,3	176,89	9,6	92,16	12,4	153,76	9,5	90,25
11,7	136,89	7,6	57,76	8,9	79,21	8,1	65,61

11,5	132,25	14,6	213,16	9,3	86,49	5,9	34,8
9,4	88,36	8,1	65,61	6,2	38,44	11,6	134,5
10,5	110,25	9,0	81,00	9,3	86,49	8,2	67,2
9,7	94,09	8,5	72,25	8,8	77,44	10,0	100,0
8,9	79,21	12,7	161,29	8,7	75,69	8,3	68,8
8,3	68,89	10,8	116,64	4,8	23,04	8,1	65,6
11,6	134,56	11,7	136,89	9,8	96,04	5,6	31,3
10,2	104,04	9,2	84,64	9,0	81,00	10,0	100,0
13,2	174,24	5,8	33,64	7,5	56,25	9,3	86,9
10,1	102,01	9,8	96,04	10,4	108,16	12,3	151,2
13,0	169,00	13,9	193,21	8,8	77,44	9,8	96,0
11,3	127,69	6,1	37,21	11,0	121,00	16,0	256,0
14,0	196,00	11,6	134,56	9,7	94,09	7,1	50,4
8,5	72,25	11,9	141,61	8,9	79,21	10,9	118,8
7,7	59,29	12,4	153,76	10,9	118,81	16,7	278,8
12,2	148,84	11,3	127,69	10,9	118,81	9,1	82,8
9,8	96,04	7,9	62,41	8,3	68,89	7,7	59,2
11,2	125,44	14,1	198,81	10,8	116,64	9,2	84,6
7,9	62,41	12,6	158,76	10,1	102,01	8,6	73,9
9,6	92,16	8,6	73,96	9,5	90,25	11,2	125,4
9,0	81,00	9,6	92,16	12,1	146,41	10,8	116,6
6,9	47,61	10,5	110,25	10,4	108,16	11,1	123,2
11,8	139,21	10,3	106,09	8,3	68,89	8,8	77,4
11,7	136,89	11,9	141,61	11,2	125,44	10,1	102,0
9,9	98,01	10,0	100,00	12,3	151,29	7,7	59,2
9,5	90,25	10,6	112,36	9,5	90,25	10,6	112,3
10,8	116,64	8,0	64,00	7,3	53,29	8,9	79,2
13,0	169,00	9,7	94,09	10,0	100,00	6,9	47,6
10,3	106,09	9,0	81,00	7,5	56,25	7,9	62,4
11,9	161,61	11,5	132,25	7,7	59,29	12,5	156,2
11,4	129,96	9,3	86,49	11,1	123,21	7,6	57,7
9,2	84,64	5,3	28,09	9,8	96,04	8,7	75,6
9,7	94,09	6,7	44,89	10,2	104,04	10,2	104,0
5,8	33,64	10,5	110,25	8,8	77,44	10,1	102,0
10,6	112,36	15,5	240,25	8,0	64,00	11,8	139,2
7,7	59,29	7,7	59,29	9,1	82,81	9,6	92,1

7,5	56,25	7,2	51,84	6,6	43,56	12,0	144,00
12,6	158,76	10,2	104,04	10,1	102,01	7,1	50,41
8,2	67,24	12,2	148,84	11,5	132,25	10,2	104,04
8,2	67,24	8,1	65,61	8,6	73,96	8,7	75,69
9,9	98,01	12,6	158,76	10,9	118,81	8,0	64,00
10,8	116,64	10,5	110,25	6,5	42,25	16,9	285,61
13,5	182,25	9,5	90,25	9,7	94,09	8,0	64,00
13,0	169,00	8,1	65,61	11,6	134,56	16,1	259,21
17,7	313,29	10,1	102,01	9,4	88,36	5,7	32,49
9,9	98,01	10,0	100,00	9,8	96,04	14,4	207,36
13,1	171,61	9,3	86,49	13,4	179,56	16,4	268,96
8,6	73,96	9,1	82,81	12,6	158,76	6,3	39,69
8,2	67,24	8,8	77,44	9,7	94,09	8,6	73,96
9,1	82,81	8,1	65,61	13,5	182,25	10,0	100,00
7,8	60,84	8,7	75,69	9,9	98,01	9,7	94,09
8,5	72,25	11,9	141,61	8,1	65,61	8,3	68,89
10,0	100,00	9,1	82,81	10,0	100,00	8,4	70,56
10,3	106,09	11,2	125,44	7,7	59,29	13,2	174,24
9,6	92,16	7,7	59,29	10,0	100,00	6,7	44,89
10,0	100,00	13,7	187,69	7,9	62,41	11,4	129,96
9,4	88,36	8,6	73,96	11,5	132,25	6,5	42,25
12,1	146,41	16,7	278,89	12,7	161,29	8,9	79,21
7,6	57,76	8,9	79,21	7,6	57,76	9,3	86,49
8,4	70,56	11,8	139,24	8,4	70,56	14,0	196,00
7,1	50,41	8,6	73,96	7,5	56,25	13,9	193,21
8,4	70,56	10,2	104,04	12,3	151,29	9,8	96,04
5,2	27,04	7,8	60,84	8,9	79,21	5,1	26,01
10,9	118,81	8,9	79,21	15,0	225,00	7,8	60,84
14,5	210,25	7,6	57,76	10,1	102,01	11,9	141,61
11,3	127,69	11,9	141,61	7,8	60,84	10,0	100,00
13,6	184,96	12,2	148,84	10,1	102,01	9,9	98,01
14,0	196,00	10,4	108,16	10,1	102,01	9,1	82,81
6,1	37,21	11,5	132,25	7,3	53,29	7,6	57,76
8,8	77,44	12,6	158,76	6,0	36,00	8,2	67,24
10,0	100,00	12,6	158,76	8,1	65,61	10,2	104,04

6,4	40,96
11,5	132,25
11,3	127,69
7,9	62,41
13,3	176,89
7,7	59,29
11,3	127,69
10,0	100,00
12,4	153,76
11,1	123,21
14,3	204,49
11,7	136,89

$$\Sigma X^2 = 44\,398{,}57$$

$$\Sigma X = 4\,196{,}0$$

$$(\Sigma X)^2 = 17\,606\,416{,}00$$

$$\frac{(\Sigma X)^2}{N_5} = 41\,920{,}04$$

$$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_5} = 2\,478{,}53$$

$$\sigma^2 = 5{,}90$$

$$\sigma = \pm 2{,}429$$

6. Cheiropodopompholyx

$N_6 = 49$

$M = 9,83$

7,5	56,25	9,1	82,81
7,9	62,41	11,8	139,24
7,6	57,76	8,2	67,24
10,0	100,00	10,0	100,00
6,9	47,61	7,4	54,76
9,4	88,36	10,9	118,81
7,2	51,84	16,1	259,21
18,8	353,44	9,0	81,00
10,8	116,64	11,1	123,21
8,9	79,21	8,1	65,61
11,2	125,44	8,9	79,21
7,7	59,29	9,4	88,36
12,1	146,41	8,4	70,56
7,8	60,84	7,8	60,84
6,2	38,44	10,3	106,09
8,4	70,56	8,0	64,00
11,3	127,69	7,5	56,25
7,2	51,84	10,0	100,00
10,6	112,36	8,4	70,56
11,3	127,69	12,8	163,84
11,9	141,61		
10,3	106,09		
10,8	116,64		
16,2	262,44		
9,1	82,81		
10,5	110,25		
11,4	129,96		
7,6	57,76		
12,0	144,00		

$$\Sigma x^2 = 5\,037,24$$

$$\Sigma x = 481,8$$

$$(\Sigma x)^2 = 232\,131,24$$

$$\frac{(\Sigma x)^2}{N_6} = 4\,737,37$$

$$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N_6} = 299,87$$

$$\sigma^2 = 6,247$$

$$\sigma = \pm 2,499$$

7. Mykosen

$N_7 = 63$

$M = 9{,}77$

12,3	151,29	6,7	44,89	8,8	77,44
10,6	112,36	9,1	82,81	9,4	88,36
11,3	127,69	6,3	39,69	9,5	90,25
15,3	234,09	12,6	158,76		
7,2	51,84	8,7	75,69		
9,4	88,36	7,0	49,00		
6,3	39,69	13,0	169,00		
7,1	50,41	6,8	46,24		
9,2	84,64	10,0	100,00		
7,6	57,76	13,2	174,24		
8,3	68,89	8,6	73,96		
9,5	90,25	9,5	90,25		
11,0	121,00	11,2	125,44		
13,2	174,24	11,3	127,69		
9,2	84,64	9,7	94,09		
9,9	98,01	11,7	136,89		
6,8	46,24	8,6	73,96		
9,1	82,81	11,0	121,00		
8,0	64,00	10,2	104,04		
12,3	151,29	6,0	36,00		
10,2	104,04	11,8	139,24		
9,6	92,16	9,7	94,09		
12,6	158,76	15,4	237,16		
11,9	141,61	10,5	110,25		
9,7	94,09	6,4	40,96		
8,6	73,96	9,2	84,64		
9,3	86,49	7,3	53,29		
8,2	67,24	7,2	51,84		
9,8	96,04	9,1	82,81		
14,4	207,36	12,0	144,00		

$$\Sigma X^2 = 6\,319{,}22$$

$$\Sigma X = 615{,}4$$

$$(\Sigma X)^2 = 378\,717{,}16$$

$$\frac{(\Sigma X)^2}{N_7} = 6\,011{,}38$$

$$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_7} = 307{,}84$$

$$\sigma^2 = 4{,}965$$

$$\sigma = \pm 2{,}228$$

8. Neurodermitis

$N_8 = 87$

$M = 9{,}55$

8,7	75,69	7,9	62,41	6,1	37,21	9,3	86,49
12,8	163,84	11,1	123,21	8,9	79,21	9,5	90,25
13,7	178,69	12,8	163,84	7,3	53,29	9,7	94,09
10,0	100,00	9,2	84,64	7,5	56,25	8,6	73,96
9,1	82,81	8,2	67,24	11,2	125,44	10,2	104,04
7,8	60,84	5,5	30,25	9,6	92,16	12,4	153,76
6,2	38,44	13,8	190,44	10,5	110,25	6,8	46,24
10,7	114,49	7,6	57,76	12,5	156,25	13,6	184,96
9,7	94,09	7,1	50,41	11,5	132,25	11,0	121,00
9,4	88,36	5,6	31,36	9,9	98,01	12,1	146,41
4,4	19,36	7,0	49,00	7,5	56,25	10,8	116,64
11,6	134,56	13,6	184,96	9,1	82,81	9,9	98,01
7,5	56,25	6,7	44,89	6,7	44,89		
6,3	39,69	14,4	207,36				
8,2	67,24	8,9	79,21				
9,7	94,09	11,0	121,00				
8,5	72,25	10,4	108,16				
11,2	125,44	8,4	70,56				
8,6	73,96	7,4	54,76				
8,2	67,24	10,5	110,25				
12,8	163,84	10,2	104,04				
9,7	94,09	9,0	81,00				
9,3	86,49	11,0	121,00				
9,4	88,36	8,7	75,69				
7,4	54,76	7,7	59,29				
8,1	65,61	11,3	127,69				
9,3	86,49	11,6	134,56				
7,3	53,29	7,9	62,41				
12,1	146,41	8,8	77,44				
16,2	262,44	9,0	81,00				
12,2	148,84	10,4	108,16				

$$\Sigma x^2 = 8\,371{,}06$$

$$\Sigma x = 831{,}0$$

$$(\Sigma x)^2 = 690\,561{,}00$$

$$\frac{(\Sigma x)^2}{N_8} = 7\,937{,}48$$

$$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N_8} = 433{,}58$$

$$\sigma^2 = 5{,}041$$

$$\sigma = \pm 2{,}245$$

9. Erythematodes

$N_9 = 23$

$M = 9,104$

9,0	81,00
10,2	104,04
10,3	106,09
8,1	65,61
10,0	100,00
12,1	146,41
7,6	57,76
10,5	110,25
5,3	28,09
6,8	46,24
9,8	96,04
10,3	106,09
8,2	67,24
13,5	182,25
7,8	60,24
8,4	70,56
7,3	53,29
6,6	43,56
9,3	86,49
7,3	53,29
8,6	73,96
8,0	64,00
14,4	207,36

$\Sigma X^2 = 2\ 010,46$

$\Sigma X = 209,4$

$(\Sigma X)^2 = 43\ 848,36$

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_9} = 1\ 906,45$

$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_9} = 104,01$

$\sigma^2 = 4,727$

$\sigma = \pm 2,174$

10. Erythrodermie

$N_{10} = 45$

$M = 11,47$

12,2	148,84	8,2	67,24
19,5	380,25	15,0	225,00
13,1	171,61	12,6	158,76
9,0	81,00	10,4	108,16
9,6	92,16	7,8	60,84
11,4	129,96	16,0	256,00
11,5	132,25	9,5	90,25
11,3	127,69	10,9	118,81
13,4	179,56	11,6	134,56
10,0	100,00	9,7	94,09
10,1	102,01	11,0	121,00
9,3	86,49	7,6	57,76
17,8	316,84	14,7	216,09
12,1	146,41	10,7	114,49
15,0	225,00	10,9	118,81
9,3	86,49	13,0	169,00
8,8	77,44		
18,5	342,25		
8,9	79,21		
12,3	151,29		
10,9	118,81		
11,4	129,96		
10,4	108,16		
10,8	116,64		
6,8	46,24		
9,3	86,49		
9,8	96,04		
11,4	129,96		
12,3	151,29		

$$\Sigma X^2 = 6\,251,20$$

$$\Sigma X = 516,3$$

$$(\Sigma X)^2 = 266\,565,69$$

$$\frac{(\Sigma X)^2}{N_{10}} = 5\,923,68$$

$$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_{10}} = 327,52$$

$$\sigma^2 = 7,443$$

$$\sigma = \pm 2,697$$

11. Exanthem

N_{11} = 41

M = 10,77

8,7	75,69	13,7	187,69
8,4	70,56	6,6	43,56
13,7	187,69	13,7	187,69
9,3	86,49	7,9	62,41
10,6	112,36	8,6	73,96
12,8	163,84	8,6	73,96
8,4	70,56	8,1	65,61
9,9	98,01	8,4	70,56
12,6	158,76	9,2	84,64
8,6	73,96	6,1	37,21
8,9	79,21	11,6	134,56
8,9	79,21	14,3	204,49
11,4	129,96	21,0	441,00
10,4	108,16	11,8	139,24
11,5	132,25	15,6	243,36
9,4	88,36		
6,4	40,96		
12,2	148,84		
17,5	306,25		
10,4	108,16		
8,9	79,21		
12,0	144,00		
6,8	46,24		
14,5	210,25		
14,4	207,36		
10,0	100,00		

Σx^2 = 5 156,28

Σx = 441,8

$(\Sigma x)^2$ = 195 187,24

$\frac{(\Sigma x)^2}{N_{11}}$ = 4 760,66

$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N_{11}}$ = 395,6

σ^2 = 9,89

σ = $\pm$ 3,145

12. Lichen ruber planus

$N_{12} = 10$

$M = 9,32$

10,0	100,00
10,8	116,64
9,1	82,81
6,7	44,89
8,0	64,00
9,3	86,49
8,7	75,69
11,7	136,89
10,5	110,25
8,4	70,56

$\Sigma X^2 = 888,22$

$\Sigma X = 93,2$

$(\Sigma X)^2 = 8\,686,24$

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_{12}} = 868,62$

$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_{12}} = 19,60$

$\sigma^2 = 2,177$

$\sigma = \pm 1,475$

13. Pemphigus

$N_{13} = 27$

$M = 12,32$

13,0	169,00
10,5	110,25
8,0	64,00
9,8	96,04
13,0	169,00
15,4	237,16
11,5	132,25
15,0	225,00
10,8	116,64
13,4	179,56
13,3	176,89
10,5	110,25
19,7	388,09
7,1	50,41
7,4	54,76
10,5	110,25
18,9	357,21
7,4	54,76
10,6	112,36
10,0	100,00
12,2	148,84
14,7	216,09
12,9	166,41
10,0	100,00
17,6	309,76
14,3	204,49
15,2	231,04

$$\Sigma X^2 = 4\,390,51$$

$$\Sigma X = 332,7$$

$$(\Sigma X)^2 = 110\,689,29$$

$$\frac{(\Sigma X)^2}{N_{13}} = 4\,099,60$$

$$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_{13}} = 290,81$$

$$\sigma^2 = 11,18$$

$$\sigma = \pm 3,447$$

14. Pruritus

$N_{14} = 45$

$M = 9,36$

6,4	40,96	11,5	132,25
9,4	88,36	6,8	46,24
4,7	22,09	7,8	60,84
11,1	123,21	8,1	65,61
9,7	94,09	9,5	90,25
8,4	70,56	9,8	96,04
12,0	144,00	9,1	82,81
11,6	134,56	10,8	116,64
14,4	207,36	7,8	60,84
8,0	64,00	9,6	92,16
10,1	102,01	9,1	82,81
8,2	67,24	10,4	108,16
8,6	73,96	10,2	104,04
8,1	65,61	6,9	47,61
11,2	125,44	9,0	81,00
9,4	88,36		
15,0	225,00		
7,7	59,29		
9,9	98,01		
10,2	104,04		
7,4	54,76		
8,9	79,21		
9,6	92,16		
12,2	148,84		
7,3	53,29		
7,8	60,84		
12,7	161,29		
10,4	108,16		
6,1	37,21		
8,7	75,69		

$\Sigma X^2 = 4\,136,90$

$\Sigma X = 421,6$

$(\Sigma X)^2 = 177\,746,56$

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_{14}} = 3\,949,92$

$\Sigma X^2 = \frac{(\Sigma X)^2}{N_{14}} = 186,98$

$\sigma^2 = 4,249$

$\sigma = \pm 2,06$

15. Psoriasis

$N_{15} = 92$

$M = 9,53$

7,0	49,00	11,7	136,89	13,5	182,25	7,9	62,41
8,9	79,21	8,2	67,24	14,1	198,81	10,5	110,25
12,5	156,25	11,4	129,96	7,6	57,76	6,5	42,25
9,1	82,81	8,1	65,61	6,2	38,44	11,2	125,44
5,6	31,36	7,8	60,84	9,0	81,00	7,7	59,29
6,0	36,00	6,6	43,56	7,9	62,41	9,8	96,04
16,9	285,61	6,8	46,24	9,5	90,25	8,3	68,89
9,2	84,64	8,2	67,24	7,5	56,25	11,2	125,44
10,9	118,81	7,1	50,41	10,0	100,00	9,6	92,16
9,2	84,64	10,0	100,00	11,9	141,61	8,7	75,69
10,6	112,36	11,7	136,89	12,2	148,84	14,4	207,36
6,1	37,21	6,6	43,56	9,0	81,00	12,5	156,25
9,3	86,49	7,7	59,29	10,9	118,81	11,8	139,24
7,5	56,25	6,9	47,61	10,0	100,00	9,7	94,09
8,6	73,96	10,0	100,00				
11,5	132,25	9,3	86,49				
9,8	96,04	8,1	65,61				
7,7	59,29	9,4	88,36				
9,0	81,00	6,7	44,89				
12,5	156,25	7,7	59,29				
13,7	187,69	13,4	179,56				
6,9	47,61	9,9	98,01				
8,0	64,00	8,7	75,69				
10,2	104,04	10,6	112,36				
8,8	77,44	10,1	102,01				
7,9	62,41	7,1	50,41				
13,0	169,00	9,3	86,49				
10,6	112,36	9,1	82,81				
6,5	42,25	10,4	118,16				
15,8	249,64	8,6	73,96				
13,9	193,21	11,0	121,00				
8,1	65,61	8,9	79,21				

$\Sigma X^2 = 8\,856,57$

$\Sigma X = 877,5$

$(\Sigma X)^2 = 77\,306,25$

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_{15}} = 8\,369,63$

$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_{15}} = 486,94$

$\sigma^2 = 5,35$

$\sigma = \pm 2,313$

16. Unterschenkel-Ekzem und Ulcus cruris

$N_{16} = 124$

$M = 11,03$

11,8	139,24	8,3	68,89	9,2	84,64	13,3	176,89
9,3	86,49	15,4	237,16	8,6	73,96	10,0	100,00
9,8	96,04	9,1	82,81	10,5	110,25	12,2	148,84
8,7	75,69	9,9	98,01	10,3	106,09	10,0	100,00
12,4	153,76	9,5	90,25	13,6	184,96	14,9	222,01
12,5	156,25	9,3	86,49	10,0	100,00	12,8	163,84
14,5	210,25	14,5	210,25	10,8	116,64	11,3	127,69
10,2	104,04	13,5	182,25	11,4	129,96	9,7	94,09
12,8	163,84	12,5	156,25	9,7	94,09	8,1	65,61
11,5	132,25	11,7	136,89	10,3	106,09	12,2	148,84
10,1	102,01	8,5	72,25	14,6	213,16	5,3	28,09
9,8	96,04	9,7	94,09	13,1	171,61	10,9	118,81
11,4	129,96	10,0	100,00	8,8	77,44	14,5	210,25
7,3	53,29	10,8	116,64	9,5	90,25	6,5	42,25
12,9	166,41	10,7	114,49	13,2	174,24	14,3	204,49
13,9	193,21	8,6	73,96	11,9	141,61	14,5	210,25
13,3	176,89	8,9	79,21	10,0	100,00	11,7	136,89
14,4	207,36	8,9	79,21	14,2	201,64	11,6	134,56
12,1	146,41	12,5	156,25	7,1	50,41	10,9	118,81
12,2	148,84	12,4	153,76	11,8	139,24	9,5	90,25
10,4	108,16	13,2	174,24	10,9	118,81	10,0	100,00
7,4	54,76	9,7	94,09	9,2	84,64	10,3	106,09
10,2	104,04	15,2	231,04	9,9	98,01	8,1	65,61
7,5	56,25	10,5	110,25	9,5	90,25	9,1	82,81
11,8	139,24	12,4	153,76	15,1	228,01	7,8	60,84
8,0	64,00	13,7	187,69	10,9	118,81	8,7	75,69
10,0	100,00	17,9	320,41	12,3	151,29	8,1	65,61
10,3	106,09	9,3	86,49	9,0	81,00	12,6	158,76

9,5	90,25
10,7	114,49
9,3	86,49
6,8	46,24
8,9	79,21
12,7	161,29
12,7	161,29
12,5	156,25
8,8	77,44
15,0	225,00
15,5	240,25
17,9	320,41

$$\Sigma X^2 = 15\ 771,47$$

$$\Sigma X = 1\ 367,7$$

$$(\Sigma X)^2 = 1\ 870\ 603,29$$

$$\frac{(\Sigma X)^2}{N_{16}} = 15\ 085,51$$

$$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_{16}} = 685,96$$

$$\sigma^2 = 5,53$$

$$\sigma = \pm 2,352$$

17. Urticaria

$N_{17} = 64$

$M = 9,52$

8,5	72,25	13,3	176,89	8,7	75,69
9,3	86,49	7,7	59,29	8,0	64,00
10,1	102,01	11,5	132,25	10,7	114,49
6,9	47,61	10,6	112,36	12,2	148,84
11,3	127,69	13,5	182,25		
9,0	81,00	10,5	110,25		
9,3	86,49	10,4	108,16		
8,1	65,61	8,4	70,56		
7,8	60,84	9,1	82,81		
11,5	132,25	5,6	31,36		
5,6	31,36	8,0	64,00		
7,5	56,25	8,2	67,24		
10,5	110,25	14,6	213,16		
8,2	67,24	7,7	59,29		
8,0	64,00	10,6	112,36		
8,6	73,96	9,1	82,81		
8,5	72,25	8,2	67,24		
9,1	82,81	8,5	72,25		
12,1	146,41	8,1	65,61		
12,1	146,41	8,1	65,61		
10,3	106,09	8,5	72,25		
10,7	114,49	9,0	81,00		
12,6	158,76	10,4	108,16		
10,0	100,00	9,4	88,36		
11,6	134,56	10,1	102,01		
8,9	79,21	10,6	112,36		
8,6	73,96	10,7	114,49		
7,7	59,29	13,9	193,21		
8,6	73,96	7,1	50,41		
10,6	112,36	6,7	44,89		

$$\Sigma x^2 = 6\,031,77$$

$$\Sigma x = 609,3$$

$$(\Sigma x)^2 = 371\,246,49$$

$$\frac{(\Sigma x)^2}{N_{17}} = 5\,800,72$$

$$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N_{17}} = 231,05$$

$$\sigma^2 = 3,667$$

$$\sigma = \pm 1,915$$

18. Warzen

$N_{18} = 6$

$M = 8,8$

9,2	84,64
9,5	90,25
10,1	102,01
8,5	72,25
6,4	40,96
9,1	82,81

$\Sigma x^2 = 472,92$

$\Sigma x = 52,8$

$(\Sigma x)^2 = 2\,787,84$

$\frac{(\Sigma x)^2}{N_{18}} = 464,64$

$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N_{18}} = 8,28$

$\sigma^2 = 1,656$

$\sigma = \pm 1,288$

19. Lues

$N_{19} = 39$

$M = 10,05$

10,2	104,04	8,5	72,25
15,0	225,00	9,9	98,01
13,2	174,24	15,5	240,25
9,4	88,36	7,3	53,29
10,5	110,25	6,6	43,56
11,5	132,25	11,9	141,61
8,3	68,89	8,2	67,24
9,4	88,36	12,9	166,41
5,9	34,81	8,4	70,56
9,9	98,01	15,0	225,00
8,5	72,25		
9,4	88,36		
10,5	110,25		
12,4	153,76		
9,6	92,16		
10,3	106,09		
9,5	90,25		
14,2	201,64		
10,7	114,49		
8,4	70,56		
9,3	86,49		
8,2	67,24		
7,7	59,29		
9,9	98,01		
8,5	72,25		
8,8	77,44		
12,7	161,29		
8,0	64,00		
8,2	67,24		

$$\Sigma X^2 = 4\,155,45$$

$$\Sigma X = 392,3$$

$$(\Sigma X)^2 = 153\,899,29$$

$$\frac{(\Sigma X)^2}{N_{19}} = 3\,946,13$$

$$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_{19}} = 209,32$$

$$\sigma^2 = 5,508$$

$$\sigma = \pm 2,347$$

20. Tbc

$N_{20} = 46$

$M = 9,53$

6,4	40,96	8,5	72,25
8,8	77,44	9,7	94,09
9,9	98,01	10,3	106,09
12,2	148,84	8,1	65,61
9,6	92,16	10,7	114,49
10,7	114,49	10,7	114,49
10,3	106,09	6,6	43,56
7,4	54,76	11,7	136,89
7,3	53,29	10,4	108,16
11,3	127,69	9,1	82,81
12,3	151,29	13,4	179,56
9,8	96,04	8,6	73,96
11,6	134,56	11,7	136,89
10,7	114,49	9,8	96,04
9,8	96,04	6,9	47,61
8,7	75,69	9,7	139,24
8,6	73,96	11,8	94,09
8,0	64,00		
5,1	26,01		
11,1	123,21		
6,2	38,44		
9,9	98,01		
8,4	70,56		
9,8	96,04		
7,5	56,25		
12,3	151,29		
6,7	44,89		
9,7	94,09		
10,8	116,64		

$\Sigma X^2 = 4\ 341,06$

$\Sigma X = 438,6$

$(\Sigma X)^2 = 192\ 369,96$

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_{20}} = 4\ 181,95$

$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_{20}} = 159,11$

$\sigma^2 = 3,535$

$\sigma = \pm 1,88$

21. Herpes zoster

$N_{21} = 20$

$M = 10,68$

12,5	156,25
10,5	110,25
8,6	73,96
9,4	88,36
8,8	77,44
11,0	121,00
11,4	129,96
11,0	121,00
7,2	51,84
12,5	156,25
8,9	79,21
5,1	26,01
14,5	210,25
9,2	84,64
8,5	72,25
11,1	123,21
18,6	345,96
12,5	156,25
13,4	179,56
8,6	73,96

$$\Sigma x^2 = 2\,437,61$$

$$\Sigma x = 213,6$$

$$(\Sigma x)^2 = 45\,624,96$$

$$\frac{(\Sigma x)^2}{N_{21}} = 2\,281,25$$

$$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N_{21}} = 156,36$$

$$\sigma^2 = 8,229$$

$$\sigma = \pm 2,868$$

22. Erythema exsudativum multiforme

$N_{22} = 18$

$M = 10,51$

8,3	68,89
8,5	72,25
9,0	81,00
9,8	96,04
9,7	94,09
10,6	112,36
7,9	62,41
7,7	59,29
8,0	64,00
13,8	190,44
16,0	256,00
12,6	158,76
11,5	132,25
16,6	275,56
10,9	118,81
9,6	92,16
8,1	65,61
10,6	112,36

$$\Sigma x^2 = 2\,112,28$$

$$\Sigma x = 189,2$$

$$(\Sigma x)^2 = 35\,796,64$$

$$\frac{(\Sigma x)^2}{N_{22}} = 1\,988,70$$

$$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N_{22}} = 123,58$$

$$\sigma^2 = 7,269$$

$$\sigma = \pm 2,696$$

23. Pyodermien

$N_{23} = 49$

$M = 11,74$

16,1	259,21	8,8	77,44
8,6	73,96	12,2	148,84
12,8	163,84	11,4	129,96
10,2	104,04	13,1	171,61
31,4	985,96	7,8	60,84
8,8	77,44	19,8	392,04
13,3	176,89	8,6	73,96
9,9	98,01	9,3	86,49
12,7	161,29	10,0	100,00
10,9	118,81	8,4	70,56
13,0	169,00	14,3	204,49
8,2	67,24	8,6	73,96
14,3	204,49	12,6	158,76
14,6	213,16	8,0	64,00
10,7	114,49	8,7	75,69
8,6	73,96	17,2	295,84
8,8	77,44	10,9	118,81
14,1	198,81	10,1	102,01
18,2	331,24	9,9	98,01
8,9	79,21	13,4	179,56
10,9	118,81		
13,8	190,44		
15,1	228,01		
14,1	198,81		
11,1	123,21		
7,7	59,29		
9,3	86,49		
7,3	53,29		
9,0	81,00		

$\Sigma X^2 = 5\,570,71$

$\Sigma X = 575,3$

$(\Sigma X)^2 = 330\,970,09$

$\frac{(\Sigma X)^2}{N_{23}} = 6\,754,49$

$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N_{23}} = 816,22$

$\sigma^2 = 17,00$

$\sigma = \pm 4,123$

b) Prüfung der Unterschiede der α-Globuline bei einzelnen Krankheitsbildern mit Hilfe der Varianzanalyse.

Gesamtzahl der Individuen N = 1452

Zahl der einzelnen Gruppen:

N_1	=	32	Alopecia
N_2	=	36	Akne und Rosacea
N_3	=	28	Basaliome
N_4	=	78	Spinaliome und Basaliome
N_5	=	420	Ekzeme
N_6	=	49	Cheiropodopompholyx
N_7	=	63	Mykosen
N_8	=	87	Neurodermitis
N_9	=	23	Erythematodes
N_{10}	=	45	Erythrodermie
N_{11}	=	41	Exantheme
N_{12}	=	10	Lichen ruber planus
N_{13}	=	27	Pemphigus
N_{14}	=	45	Pruritus
N_{15}	=	92	Psoriasis
N_{16}	=	124	Unterschenkel-Ekzem und Ulcus cruris
N_{17}	=	64	Urticaria
N_{18}	=	39	Lues
N_{19}	=	46	Tuberkulose
N_{20}	=	20	Herpes zoster
N_{21}	=	18	Erythema exsudativum multiforme
N_{22}	=	49	Pyodermien

Zahl der Gruppen 22

Quadratsummen

Total: $\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N} = 157\,047{,}18 - \frac{2\,145\,932{,}01}{1\,452}$

$= 157\,047{,}18 - 147\,791{,}46$

$= 9\,255{,}72$

Zwischen: $\frac{(\sum x_1)^2}{N_1} + \frac{(\sum x_2)^2}{N_2} + \ldots\ldots\ldots - \frac{(\sum x)^2}{N} =$

$= 2\,732{,}45 + 3\,292{,}84 + 2\,956{,}11 + 7\,512{,}69 +$

$+ 41\,920{,}04 + 4\,737{,}37 + 6011{,}38 + 7\,937{,}48 +$

$+ 1\,906{,}45 + 5\,923{,}68 + 4\,760{,}66 + 868{,}62 +$

$+ 4\,099{,}60 + 3\,949{,}92 + 8\,369{,}63 + 5\,800{,}72 +$

$+15\,085{,}51 + 464{,}64 + 3\,946{,}13 + 4\,181{,}95 +$

$+ 2\,281{,}25 + 1\,988{,}70 + 6\,754{,}49 - 147\,791{,}46 =$

$= 148\,488{,}32 - 147\,791{,}46 = 696{,}86$

Innerhalb: = Total - Zwischen = 8 558,86

Zur Überprüfung der Rechnung

Innerhalb:

$\sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{N_1} + \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{N_2} + \ldots\ldots\ldots$

= 134,95 + 152,25 + 143,82 + 317,62 +
2478,53 + 299,87 + 307,84 + 433,58 +
104,01 + 327,52 + 395,62 + 19,60 +
290,81 + 186,98 + 486,94 + 685,96 +
231,05 + 8,28 + 209,32 + 159,11 +
156,36 + 123,58 + 816,22

= 8 558,86
========

df: Zwischen: r - 1 = 23

Innerhalb: $N_1 - 1 + N_2 - 1 + \ldots\ldots$ = 1428

Total: N - 1 = 1451

Gesamtergebnis

Art der Variationen	Quadrat-summe	df	Mittleres Quadrat
Zwischen den Gruppen	696,86	23	30,29
Innerhalb der Gruppen	8 558,68	1428	5,99
Total	9 255,72		

F - Wert nach Tabelle: 1,57

Zwischen den Gruppen (einzelne Krankheitsbilder) bestehen Unterschiede!

V. Prüfung der Unterschiede der einzelnen Krankheitsbilder bezogen auf die Gesamtheit der gemessenen Elektrophoresen mit Hilfe des t - Test.

1. Alopecia

$$\frac{\sigma^2 \text{ (Gesamt)}}{\sigma^2 \text{ (Alopecia)}} = \frac{6,66}{4,35} = 1,37$$

F - Wert nach Tabelle = 1,62 : homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{11\,423,99 + 134,95}{1743}\left(\frac{1}{1713} + \frac{1}{32}\right)} =$$

$$= \sqrt{\frac{11\,568,94}{1743} \cdot \frac{1745}{54\,816}} = \sqrt{6,63 \cdot 0,031} =$$

$$= \sqrt{0,20553} = 0,453$$

$$\text{t - Wert: } \frac{M_{Gesamt} - M_{Alopecia}}{\sigma_{diff}} = \frac{10,22 - 9,24}{0,453} =$$

$$= \frac{0,98}{0,453} = 2,16$$

t - Wert nach Tabelle = 2,576

Gemessener Wert ist kleiner: kein Unterschied, keine Signifikanz

(Für alle weiteren Auswertungen gilt als t-Wert nach Tabelle: 2,576, da df = ∞).

2. Akne und Rosacea

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Akne+Ros.})} = \frac{6,66}{4,35} = 1,53$$

F - Wert nach Tabelle ist größer: homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{11\,423,99 + 152,25}{1751}\left(0,00058 + \frac{1}{36}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{11\,576,24}{1751} \cdot 0,02835} = \sqrt{6,75 \cdot 0,02835}$$

$$= \sqrt{0,1913625} = 0,437$$

t - Wert: $\frac{10,22 - 9,57}{0,437} = \frac{0,65}{0,437} = 1,48$

t - Wert nach Tabelle: = 2,576

nicht signifikant!

3. Basaliom

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Basal.})} = \frac{6,66}{5,35} = 1,25$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{11\ 423,99 + 143,82}{1739}\left(0,00058 + \frac{1}{28}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{11\ 567,81}{1739}\left(0,00058 + 0,03571\right)}$$

$$= \sqrt{6,65 \cdot 0,03629} = \sqrt{0,2413285}$$

$$= 0,438$$

$$\text{t - Wert:} \quad \frac{10,27 - 10,24}{0,438} = \frac{0,05}{0,438} = 0,11$$

Keine Signifikanz!

4. Spinaliom und Melanom

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Sp.+Mel.})} = \frac{6,66}{4,12} = 1,61$$

F - Wert nach Tabelle: 1,32 heterogene Varianz

$$\sigma_{\text{diff}} = \sqrt{\frac{6,66}{1713} + \frac{4,124}{78}} = \sqrt{0,0038 + 0,052} =$$

$$= \sqrt{0,0558} = 0,236$$

$$\text{t - Wert:} \quad \frac{10,22 - 9,81}{0,236} = \frac{0,41}{0,236} = 1,73$$

Keine Signifikanz!

5. Ekzeme

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Ekzem})} = \frac{6,66}{5,90} = 1,12$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{11\,423,99 + 2\,478,53}{2133}\,(0,00058 + 0,00238)}$$

$$= \sqrt{\frac{13\,902,52}{2133} \cdot 0,00296} = \sqrt{6,51 \cdot 0,00296} =$$

$$= \sqrt{0,0192696}$$

$$\sigma_{diff} = 0,139$$

$$\text{t - Wert:} \quad \frac{10,22 - 9,99}{0,139} = \frac{0,23}{0,139} = 1,65$$

Keine Signifikanz!

6. Cheiropodopompholyx

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Cheirop.})} = \frac{6,66}{6,24} = 1,06$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{\text{diff}} = \sqrt{\frac{11423,99 + 299,87}{1760} \left(0,00058 + 0,02040\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{11\,723,86}{1760} \cdot 0,02098} = \sqrt{6,66 \cdot 0,02098}$$

$$= \sqrt{0,1397268}$$

$$\sigma_{\text{diff}} = 0,376$$

$$\text{t - Wert:} \quad \frac{10,22 - 9,83}{0,376} = \frac{0,39}{0,376} = 1,03$$

Keine Signifikanz!

7. Mykosen

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Mykosen})} = \frac{6,66}{4,96} = 1,34$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{11\,423,99 + 6\,011,38}{1774}\,(0,00058 + 0,01587)}$$

$$= \sqrt{\frac{17\,435,37}{1774} \cdot 0,01645}$$

$$= \sqrt{9,82 \cdot 0,01645} = \sqrt{0,1615390}$$

$$\sigma_{diff} = 0,402$$

$$t\text{-Wert: } \frac{10,22 - 9,77}{0,402} = \frac{0,45}{0,402} = 1,11$$

Keine Signifikanz!

8. Neurodermitis

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Neuroderm.})} = \frac{6,66}{5,041} = 1,32$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{11\,423,99 + 433,58}{1798}\,(0,00058 + 0,01149)}$$

$$= \sqrt{\frac{11\,857,57}{1798} \cdot 0,01207}$$

$$= \sqrt{6,59 \cdot 0,01207} = \sqrt{0,0795413}$$

$$\sigma_{diff} = 0,282$$

t - Wert: $\frac{10,22 - 9,55}{0,282} = \frac{0,67}{0,282} = 2,37$

Keine Signifikanz!

9. Erythematodes

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Erythemat.})} = \frac{6,66}{4,72} = 1,41$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{11\,423,99 + 104,01}{1734}\,(0,00058 + 0,04347)}$$

$$= \sqrt{\frac{115\,288,00}{1734} \cdot 0,04405}$$

$$= \sqrt{6,64 \cdot 0,04405} = \sqrt{0,2924920}$$

$$\sigma_{diff} = 0,540$$

t - Wert: $\frac{10,22 - 9,10}{0,540} = \frac{1,12}{0,540} = 2,07$

Keine Signifikanz!

10. Erythrodermie

$$\frac{\sigma^2(\text{Erythrod.})}{\sigma^2(\text{Gesamt})} = \frac{7,44}{6,66} = 1,11$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{11\,423,99 + 327,52}{1756}\,(0,00058 + 0,02222)}$$

$$= \sqrt{\frac{11\,751,51}{1756} \cdot 0,02280}$$

$$= \sqrt{6,69 \cdot 0,02280} = \sqrt{0,1525320}$$

$$\sigma_{diff} = 0,39$$

$$\text{t - Wert:} \quad \frac{11,47 - 10,22}{0,39} = \frac{1,25}{0,39} = 3,20$$

Deutlicher Unterschied!

11. Exanthem

$$\frac{\sigma^2(\text{Exanthem})}{\sigma^2(\text{Gesamt})} = \frac{9,89}{6,66} = 1,48$$

heterogene Varianz

$$\sigma_{\text{diff}} = \sqrt{\frac{9,89}{41} + \frac{6,66}{1713}} = \sqrt{0,24 + 0,0038} = \sqrt{0,2438}$$

$$\sigma_{\text{diff}} = 0,493$$

$$\text{t - Wert: } \frac{10,77 - 10,22}{0,493} = \frac{0,55}{0,493} = 1,11$$

Nicht signifikant!

12. Lichen ruber planus

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Lichen r.})} = \frac{6,66}{2,177} = 3,05$$

heterogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{2,177}{10} + 0,0038} = \sqrt{0,2177 + 0,0038}$$

$$= \sqrt{0,2215}$$

$$\sigma_{diff} = 0,47$$

$$t\text{ - Wert: } \frac{10,22 - 9,32}{0,47} = \frac{0,90}{0,47} = 1,91$$

Keine Signifikanz!

3. Pemphigus

$$\frac{\sigma^2(\text{Pemphigus})}{\sigma^2(\text{Gesamt})} = \frac{11,18}{6,66} = 1,67$$

Heterogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{11,18}{10,27} + \frac{6,66}{1713}} = \sqrt{0,4140 + 0,0038}$$

$$= \sqrt{0,4178}$$

$$\sigma_{diff} = 0,646$$

$$\text{t - Wert: } \frac{12,32 - 10,27}{0,646} = \frac{210}{0,646} = 3,25$$

Deutlich signifikant!

14. Pruritus

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Pruritus})} = \frac{6,66}{4,249} = 1,56$$

Heterogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{4,249}{45} + 0,0038} = \sqrt{0,0944 + 0,0038}$$

$$= \sqrt{0,0982}$$

$$\sigma_{diff} = 0,313$$

$$t\text{-Wert:} \quad \frac{10,22 - 9,36}{0,313} = \frac{0,86}{0,313} = 2,74$$

Signifikant erniedrigt!

15. Psoriasis

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Psoriasis})} = \frac{6,66}{5,35} = 1,24$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{\text{diff}} = \sqrt{\frac{486,94 + 11\,423,99}{1805}\left(\frac{1}{92} + 0,00058\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{11\,910,93}{1805}\left(0,01086 + 0,00058\right)}$$

$$= \sqrt{6,59 \cdot 0,01144} = \sqrt{0,0753896}$$

$$\sigma_{\text{diff}} = 0,274$$

$$\text{t - Wert: } \frac{10,22 - 9,53}{0,274} = \frac{0,69}{0,274} = 2,51$$

Nicht signifikant!

16. Unterschenkel-Ekzeme und Ulcus cruris

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Untsch.E.})} = \frac{6,66}{5,53} = 1,20$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{685,96 + 11\,423,99}{1835} \cdot \left(0,00058 + \frac{1}{124}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{12\,109,95}{1835} \cdot \left(0,00058 + 0,00806\right)}$$

$$= \sqrt{6,59 \cdot 0,00864} = \sqrt{0,0569376}$$

$$\sigma_{diff} = 0,238$$

$$t\text{ - Wert: } \frac{11,0 - 10,22}{0,283} = \frac{0,78}{0,283} = 3,27$$

Signifikant nach oben!

17. Urticaria

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Urticaria})} = \frac{6,66}{3,667} = 1,82$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{231,05 + 11\,423,99}{1775}\left(\frac{1}{64} + 0,00058\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{11\,655,04}{1775}\left(0,00058 + 0,01562\right)}$$

$$= \sqrt{6,56 \cdot 0,01619} = \sqrt{0,1062064}$$

$$\sigma_{diff} = 0,326$$

$$t\text{ - Wert: } \frac{10,22 - 9,52}{0,326} = \frac{0,70}{0,326} = 2,14$$

Nicht signifikant!

18. Lues

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Lues})} = \frac{6,66}{5,508} = 1,2$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{\text{diff}} = \sqrt{\frac{209,32 + 11\,423,99}{1750}\left(0,00058 + \frac{1}{39}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{11\,633,31}{1750}\left(0,00058 + 0,02564\right)}$$

$$= \sqrt{6,64 \cdot 0,02622} = \sqrt{0,1741008}$$

$$\sigma_{\text{diff}} = 0,417$$

$$\text{t - Wert:} \quad \frac{10,22 - 10,05}{0,417} = \frac{0,17}{0,417} = 0,40$$

Keine Signifikanz!

19. Tuberkulose

$$\frac{\sigma^2(\text{Gesamt})}{\sigma^2(\text{Tbc})} = \frac{6,66}{3,535} = 1,88$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{159,11 + 11\,423,99}{1757}\left(\frac{1}{46} + 0,00058\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{11\,583,10}{1757} \cdot 0,02231} = \sqrt{6,59 \cdot 0,02231}$$

$$= \sqrt{0,1470229}$$

$$\sigma_{diff} = 0,383$$

$$t\text{ - Wert: } \frac{10,22 - 9,53}{0,383} = \frac{0,69}{0,383} = 1,8$$

Nicht signifikant!

20. Herpes zoster

$$\frac{\sigma^2(\text{Herpes zoster})}{\sigma^2(\text{Gesamt})} = \frac{8,229}{6,66} = 1,23$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{156,36 + 11\,423,99}{1733}\left(0,00058 + \frac{1}{20}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{11\,580,35}{1733}\left(0,00058 + 0,05\right)}$$

$$= \sqrt{6,68 \cdot 0,00558} = \sqrt{0,3378744}$$

$$\sigma_{diff} = 0,581$$

$$\text{t - Wert:} \quad \frac{10,68 - 10,22}{0,581} = \frac{0,46}{0,581} = 0,79$$

Nicht signifikant!

21. Erythema exsudat. multiforme

$$\frac{\sigma^2(\text{Eryth.exs.m.})}{\sigma^2(\text{Gesamt})} = \frac{7,269}{6,66} = 1,09$$

Homogene Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{123,58 + 11\,423,99}{1729}\left(0,00058 + \frac{1}{18}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{11\,547,57}{1729}\left(0,00058 + 0,05555\right)}$$

$$= \sqrt{6,67 \cdot 0,05613} = \sqrt{0,3743871}$$

$$\sigma_{diff} = 0,612$$

$$\text{t - Wert:} \quad \frac{10,51 - 10,22}{0,612} = \frac{0,29}{0,612} = 0,47$$

Keine Signifikanz!

... Pyodermien

$$\frac{\sigma^2(\text{Pyodermier})}{\sigma^2(\text{Gesamt})} = \frac{17,02}{6,66} = 2,...$$

Hetero...e Varianz

$$\sigma_{diff} = \sqrt{\frac{1...}{49} + \frac{6,66}{1713}} = \sqrt{0,3469 + 0,0038} = \sqrt{0,3507}$$

$$\sigma_{diff} = 0,592$$

$$\text{t - Wert: } \frac{...,74 - 10,...}{0,592} = \frac{1,52}{0,592} = 2,567$$

Errechneter Wert liegt knapp unter dem t - Wert der Tabelle (0,576), daher:

Nicht mehr signifikant!

Zusammenfassung

Schon auf dem XI. internationalen Dermatologenkongreß 1957 wurde aus der Erlanger Hautklinik über 2600 Elektrophoresen berichtet. Weiterhin wurden spezielle Untersuchungen über Erhöhungen der β-Globuline anhand von 1400 gemessenen Elektrophoresen durchgeführt (Kersting). Hierbei wurden die erhöhten Fälle in Relation zu den nicht erhöhten Fällen gesetzt, um den prozentualen Anteil bei den einzelnen Krankheitsbildern zu erfassen. (Daraus ein Auszug):

Von	22	Ca	-Fällen	zeigten	13 =	54,5 %
"	26	Pemphigus	-Fällen	"	13 =	50,0 %
"	67	Ulcus cruris	-Fällen	"	29 =	43,3 %
"	416	Ekzem	-Fällen	"	138 =	33,2 %
"	36	Pruritus	-Fällen	"	7 =	19,4 %
"	32	Erythrodermie	-Fällen	"	6 =	18,9 %

eine Erhöhung der β-Globuline.

Meine speziellen Untersuchungen umfassen eine statistische Auswertung von 1713 errechneten α-Globulinwerten im Blutserum von Kranken mit verschiedenen Dermatosen. Um die bekannten, mit Papierelektrophoresen verbundenen Ungenauigkeiten zu vermeiden, wurden sämtliche α-Globulinwerte mit Hilfe der Mikro-Elektrophorese-Apparatur nach Antweiler gewonnen.

Die statistischen Auswertungen führten zu folgenden Ergebnissen:

Die kritische Prüfung der Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Patienten, mit Hilfe des t-Tests, zeigten, daß es sich hierbei nur um zufällige und nicht um statistische Unterschiede handelt.

Bei weiterer Unterteilung der männlichen und weiblichen Patienten in je 9 Altersgruppen, ergab die Prüfung, mit Hilfe der Varianzanalyse, statistisch signifikante Unterschiede unter den männlichen und weiblichen Altersgruppen.

Die Prüfung von jeweils zwei aufeinanderfolgenden Altersgruppen, mit Hilfe des t-Tests, ergab dann statistisch signifikante Unterschiede:

a) bei den Männern zwischen den Altersgruppen
"1 - 10" und "11 - 20"

b) bei den Frauen zwischen den Altersgruppen
"1 - 10" und "11 - 20" sowie
"41 - 50" und "51 - 60"

Zwischen den restlichen Altersgruppen konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.

Eine Prüfung auf Unterschiede zwischen einzelnen Krankheitsbildern, unter Benutzung der Varianzanalyse, ergab ebenfalls statistisch signifikante Unterschiede.

Hierauf erfolgte eine Prüfung der Unterschiede der einzelnen Krankheitsbilder, bezogen auf die Gesamtheit der gemessenen Elektrophoresen.

Der t-Test zeigte folgendes Ergebnis:

Erythrodermie:	deutlich erhöhte Signifikanz
Pemphigus:	deutlich erhöhte Signifikanz
Unterschenkel-Ekzem und Ulcus cruris:	deutlich erhöhte Signifikanz
Pruritus:	signifikant erniedrigt.

Alle übrigen Krankheitsbilder waren statistisch nicht signifikant.

Die deutliche Signifikanz der drei ersten Krankheitsbilder dürfte die allgemein bekannte Tatsache unterstützen, daß bei akut entzündlichen Krankheitsprozessen fast immer eine α -Hyperglobulinaemie festzustellen ist.

Literaturverzeichnis

Antweiler, H.J.	Die quantitative Elektrophorese in der Medizin. 2. Auflage, Springer 1957
Dole, V.P.	Clin. Invest. 23, 708 1944
Wiedemann, E.	Elektrophorese (aus Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse, 1. Teil) Springer 1953
Hasselmann	Archiv für klin. u. experimentelle Dermatologie. Bd. 205, S. 373-380 (1957)
Lohhaus, H.	Elektrophoretische Untersuchungen bei Dermatosen. (1950)
Labhard und Staub	Helv. chim. Acta 30 1954
Jirgensons u.Staumanis	Lehrbuch der Kolloidchemie. Springer 1949
Scheuring, A.	Beiträge zu den elektrophoretischen Untersuchungen (1954)
Kersting, R.	Über β-Hyperglobulinaemie bei Dermatosen
Wuhrmann u. Wunderly	Die Bluteiweißkörper des Menschen 1957
Rein - Schneider	Physiologie des Menschen 11. Auflage, Springer 1956
Mittenecker, E.	Planung und statistische Auswertung von Experimenten. Franz Deuticke-Verlag Wien 1960

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. C.M. Hasselmann für die Überlassung des Themas zu danken.

Ebenso danke ich Herrn Dr. Schuba für die großzügige Unterstützung und für die vielen Anregungen bei der Ausführung dieser Arbeit.

Lebenslauf

Ich wurde am 16. August 1934 als Sohn des Zahnarztes Dr. Hans Herrmann und seiner Ehefrau Elli, geb. Birkel, in Erlangen geboren.
Die Volksschule besuchte ich 4 Jahre lang. Anschließend trat ich in die Ohm-Oberrealschule in Erlangen ein, an der ich im Juni 1956 die Reifeprüfung ablegte.
Nach einjähriger freiwilliger Dienstzeit in der Bundeswehr begann ich im Herbst 1957 mit dem Zahnmedizin-Studium in Erlangen. Im Juli 1960 legte ich das Physikum und im August 1963 das Zahnmedizinische Staatsexamen ab.

GEDRUCKT BEI LUDWIG MÜLLER ERLANGEN